



**M** 2015

# **AVALIAÇÃO DOS CUSTOS E BENEFÍCIOS DAS MEDIDAS DE REDUÇÃO DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUAS**

**RODRIGO DE AGUIAR MORAIS SARMENTO PÓVOAS**  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA  
À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM  
**MIEA – MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**



**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2014/2015**

**Avaliação dos custos e benefícios de medidas de redução de perdas  
nos Sistemas de Abastecimento de Água**

**Rodrigo de Aguiar Morais Sarmento Póvoas**

Dissertação submetida para obtenção do grau de

**MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**

**Presidente do Júri: Fernando Francisco Machado Veloso Gomes**

Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da  
Universidade do Porto

---

**Orientador Académico:** Joaquim Manuel Veloso Poças Martins  
(Professor Associado com Agregação do Departamento de Engenharia Civil da  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

**Orientador na Empresa:** Filipe Pires de Lima  
(Direção de Água de Abastecimento da Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, S.A.)

Porto, Fevereiro de 2015



## Agradecimentos

Em primeiro lugar, a minha Família, devido a todas as possibilidades e oportunidades dadas sempre com incondicional apoio e orientação para a realização desta Dissertação de Mestrado.

Ao meu Grupo de Amigos da Faculdade, pois posso dizer com toda a franqueza e sinceridade que eles foram os meus Orientadores ao longo destes anos e sem eles esta caminhada tornar-se-ia bastante mais difícil.

A todos os meus outros Amigos, que apesar da generalização, tiveram um papel fundamental na dedicação empregue neste projeto. Porém, sinto-me na obrigação de enaltecer a “**Comitiva**” do leque de Amigos pois nesta altura, voltar a praticar desporto foi preponderante para à quebra de rotina e para a aquisição da vontade tão necessária para chegar ao fim da caminhada.

Em relação à questão prática do Tema dissertado, um sincero agradecimento ao Professor Joaquim Poças Martins, pois não só me possibilitou a realização de uma dissertação em ambiente empresarial, sendo este tipo de ambiente o meu desejo, como também o tema que me sugeriu que é de grande interesse e é bastante atual na realidade dos dias de hoje.

Ao Eng.º Silva Martins, que na posição como Presidente me autorizou o estágio.

Ao Eng.º José António Martins pois prescindiu do seu tempo e do seu pessoal para que ao meu estágio não faltasse apoio profissional.

Ao Eng.º Pires de Lima, pelo esclarecimento de dúvidas e por todos os conselhos dados enquanto estagiário na Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia.

Ao Técnico Jorge Silva pela disponibilidade incondicional dada, e por sempre me colocar à vontade, como se já pertencesse há algum tempo à empresa.

Aos Técnicos Paulo e Pedro por sempre me darem a sensação de tranquilidade, de que o amanhã não custaria nada e que apesar do sacrifício, o benefício seria enorme.



## Resumo

No final deste século, está previsto que inúmeras regiões do planeta não terão água adequada para consumo em quantidade suficiente. Por esta razão, é imperatório que se coloque em prática um plano de medidas que visem alterar este futuro tão próximo. As Entidades que gerem os Sistemas de Abastecimento de Água têm a função de solucionar parte desta realidade dramática. As Entidades Gestoras a partir de sistemas tecnológicos avançados como a Telegestão, com contadores de precisão elevada e com todos os conhecimentos adquiridos ao longo da evolução do setor, têm a hipótese de diminuir o desperdício de água em quantidades bastante significativas.

Nesta dissertação pretende-se determinar até que ponto uma Entidade Gestora deve proceder à aplicação de medidas que minimizem o impacto causado pelas perdas de água e se possível atingir a melhor conjugação possível entre o custo das medidas de redução de perdas e o preço da água perdida. Deste modo, estabelece-se uma relação entre os benefícios económicos e ambientais de medidas de redução de perdas de água com os custos de investimento associados à sua aplicação num Sistema de Abastecimento de Água.

Neste estudo, os Balanços Hídricos calculados através do Balanço Hídrico da Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia, EM,S.A., demonstram que a aplicação de contadores (instrumento principal de faturação de água de uma empresa) com um erro de leitura inferior alteram o valor de Água não faturada em elevados valores de volume ( $m^3$ ) e, conseqüentemente em elevados valores de faturação (€) por parte da Empresa. Outra medida que se estuda é a variação de pressão na rede, pois assim que a Empresa tenha a rede (toda) dividida por Zonas de Medição de Controlo, a possibilidade de para cada Zona se analisar os consumos noturnos e assim por zona se proceder a uma gestão individual de pressão na rede (através de válvulas redutoras) implicará um menor abastecimento da rede e por conseguinte um menor desperdício de água.

A partir do Balanço Hídrico calculado com os efeitos das medidas de redução de perdas reais e perdas aparentes, a Água não faturada representa cerca de 25% do volume de água entrado na rede. Esta redução de 4% deve-se ao facto de se faturar a mais cerca de 700 000 metros cúbicos de água. Em relação à Água Faturada, a sua percentagem (74,9%) deve-se não só ao facto da contribuição para o aumento da percentagem de Consumo Autorizado (Faturado) devido aos benefícios das medidas de redução de erros de medição, mas também devido à gestão de pressão na rede que possibilita um volume menor de água entrado na rede. Com uma diminuição de perdas de água em cerca de 700 000 metros cúbicos, a Entidade Gestora obtém um benefício económico e ambiental que justificam esse mesmo investimento..

PALAVRAS-CHAVE: custo-benefício, perdas de água, nível económico de perdas, água não faturada.





## Abstract

At the end of this century, it is expected that many regions of the planet will not have adequate drinking water in sufficient quantity. For this reason, it is really importante to put in place a plan of measures to change this future that is so close. The entities that manage Water Supply Systems are meant to solve part of this dramatic reality. The Water Management Entities with advanced technological systems such as remote management (as known as Telegestão), high precision meters and with all the knowledge acquired during the evolution of the sector, have the chance to reduce water waste in huge amounts.

In this thesis the main aim is to determine how far does a Water Management Entity shall proceed with the implementation of measures that minimize the impact caused by water losses and still be able to achieve the best possible combination between the cost of water losses reduction measures and the price of water lost. Thus, it is established a relationship between the economic and environmental benefits of water losses reduction measures with the investment costs associated with its application in a Water Supply System.

In this study, the Water Balance was calculated from the Company Águas e Parque Biológico de Gaia, EM,S.A., Water Balance. It has demonstrated that the use of meters (main instrument for water billing company) with a lower reading error change the value of non-revenue Water at high volume values ( $m^3$ ) and consequently in high billing values (€) by the Company. Another measure that is studied is the pressure variation in the network, due the fact that as soon as the company has the network (all) divided by Control Measurement Zones, the possibility of nightly consumption be analized for each zone and so, for each Zone be considered a single line of pressure (through reducing valves) will result in a smaller network supply and therefore in a smaller Waste Water.

From the water balance calculated on the effects of measures to reduce real losses and apparent losses, the non-revenue water is about 25% of the volume of water entering the network. This reduction of 4% is due to the fact that is billed more than 700 000 cubic meters of water. Regarding the billed Water, the proportion (74,9%) not only is because the contribution to the increase in the percentage of Authorized Consumption (Billed) due the benefits of measurement error reduction measures, but also because of pressure management in the network that enables a smaller volume of water entering the network. With a reduction of water losses around 700 000 cubic meters, the Entity gets an economical and environmental benefit that justifies the investement.

**KEYWORDS :** cost-benefit, water losses, economic level of leakage, non-revenue water.



---

# Índice

Agradecimentos .....	I
Resumo .....	II
Abstract.....	III
Índice de figuras .....	VI
Índice de tabelas .....	VIII
Acrónimos e Abreviaturas.....	X
<b>1 Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1 Enquadramento e Apresentação do Projeto .....	1
1.2 Organização da Dissertação .....	2
<b>2 Estado da Arte .....</b>	<b>3</b>
2.1 Papel e importância da água na sociedade.....	3
2.2 Evolução do sistema de abastecimento de água em Portugal .....	4
2.3 O Setor da Água em Portugal .....	7
2.3.1 Sistema de Abastecimento de Água.....	12
2.3.2 Gestão dos serviços de águas em Portugal .....	13
2.3.3 Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) .....	17
2.3.4 O Preço da Água.....	21
2.4 Perdas de água no sistema de abastecimento .....	23
2.4.1 Perdas reais .....	25
2.4.2 Perdas aparentes.....	34
2.4.3 Telemetria .....	37
2.4.4 Telegestão.....	39
2.4.5 As várias dimensões das perdas em sistemas de abastecimento de água.....	42
2.5 Nível Económico de Perdas .....	45
<b>3 Âmbito e objetivos .....</b>	<b>47</b>
3.1 Âmbito .....	47
3.2 Objetivos .....	47

<b>4</b>	<b>Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia .....</b>	<b>49</b>
4.1	Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, SA .....	49
4.2	Balanço Hídrico.....	50
4.3	Água Não Faturada.....	51
<b>5</b>	<b>Custo-Benefício das medidas de redução de perdas .....</b>	<b>55</b>
5.1	Custo-Benefício na substituição do parque de contadores .....	55
5.2	Redução de erros de medição associados a clientes domésticos .....	56
5.2.1	Custo-Benefício de contadores com diferentes intervalos de medição .....	59
5.2.2	Custo-Benefício na alteração do parque de contadores com um $R_{200}$ .....	60
5.2.3	Custo-Benefício na alteração do parque de contadores com um $R_{250}$ .....	62
5.2.4	Custo-Benefício na alteração do parque de contadores com um $R_{400}$ .....	64
5.2.5	Custo-Benefício num período de dez anos.....	64
5.3	Redução de erros de medição associados a clientes industriais com consumo superior a $500 \text{ m}^3/\text{mês}$ .....	66
5.3.1	Custo-Benefício da implementação de contadores eletromagnéticos .....	67
5.3.2	Custo-Benefício da implementação de contadores eletromagnéticos ao fim de dez anos.	69
5.4	Redução da pressão na rede de abastecimento.....	70
5.5	Efeitos das medidas de redução de perdas no Balanço Hídrico da Empresa.....	73
5.5.1	Balanço Hídrico com redução de erros de medição.....	73
5.5.2	Balanço Hídrico com variação de pressão da rede .....	74
5.5.3	Balanço Hídrico com a implementação de todas as medidas de redução.....	75
<b>6</b>	<b>Conclusões e Recomendações .....</b>	<b>77</b>
6.1	Conclusões .....	77
6.2	Recomendações .....	78
<b>7</b>	<b>Bibliografia .....</b>	<b>79</b>

## Índice de figuras

<i>Fig. 1 - Evolução da cobertura do serviço de abastecimento de água (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013).</i>	9
<i>Fig. 2 - Evolução da cobertura do serviço de saneamento de águas residuais (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013).</i>	10
<i>Fig. 3 - Evolução da percentagem de água segura (2004-2011) (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013)</i>	10
<i>Fig. 4 - Distribuição geográfica da percentagem de água segura por concelho em função do objetivo PEAASAR II (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2014).</i>	11
<i>Fig. 5 - Etapas de um sistema de abastecimento de água (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013).</i>	12
<i>Fig. 6 - Distribuição geográfica das entidades gestoras de serviços de abastecimento de água em alta (esquerda) e em baixa (direita) (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013).</i>	15
<i>Fig. 7- Variação da procura de água por setor (2000-2009) (Governo de Portugal e Agência Portuguesa do Ambiente, 2012).</i>	19
<i>Fig. 8 - Ineficiência nacional no uso da água por setor em 2000 e 2009 (Governo de Portugal e Agência Portuguesa do Ambiente, 2012)</i>	19
<i>Fig. 9 - Metas PNUEA para 2020 (Governo de Portugal e Agência Portuguesa do Ambiente, 2012)</i>	21
<i>Fig. 10 - Benefício económico anual da redução de perdas de água (Governo de Portugal e Agência Portuguesa do Ambiente, 2012).</i>	25
<i>Fig. 11 - Perda de base.</i>	26
<i>Fig. 12 - Perdas por fugas e roturas reportadas</i>	26
<i>Fig. 13 - Extravasamento de um reservatório.</i>	27
<i>Fig. 14 - Exemplos de outros tipos de perdas de água.</i>	27
<i>Fig. 15 - Conduta em mau estado (Martins J. P., 2012)</i>	28
<i>Fig. 16 - Estratégia de gestão de perdas reais (adaptado Farley et al., 2008).</i>	30
<i>Fig. 17 - Sistema de mediação zonada com três ZMC (adaptado Alegre et al., 2005).</i>	32
<i>Fig. 18 - Loggers acústicos para pré-localização de fugas de água (Farley et al., 2008).</i>	33
<i>Fig. 19 - Loggers acústicos para pré-localização de fugas de água (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).</i>	33
<i>Fig. 20 - Sistema avançado de geofone e vareta de escuta direta em tubagens e válvulas (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).</i>	34

<i>Fig. 21 - Tubo de metal ou madeira que amplifica o ruído quando colocado sobre as conduta (Farley et al., 2008).</i> .....	34
<i>Fig. 22 - Estrutura de um Sistema de Telemetria Domiciliária (adaptado Altino Álvares et al., 2007).</i>	39
<i>Fig. 23 - CPU e monitor do sistema de telegestão (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).</i> .....	40
<i>Fig. 24 - Exemplos de Informação passível de ser recolhida por Telegestão (Alegre et al., 2005).</i> .....	41
<i>Fig. 25 - Sistema Informático de Telegestão (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014)</i> .....	41
<i>Fig. 26 - Registo normal com fuga e registo após reparação de fuga através do sistema de Telegestão (adaptado Alegre et al., 2005).</i> .....	42
<i>Fig. 27 - Controlo de níveis e caudais através do sistema de Telegestão (adaptado Alegre et al., 2005).</i> .....	42
<i>Fig. 28 - Nível Económico de Perdas (adaptado Alegre et al., 2005).</i> .....	46
<i>Fig. 29 - Mapa da rede de distribuição de água no Município de Vila Nova de Gaia (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).</i> .....	49
<i>Fig. 30 - Volume de água entrado no SAA (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014)</i> .....	51
<i>Fig. 31 - Decomposição da água não faturada (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014)</i> .....	52
<i>Fig. 32 - Decomposição das perdas reais e aparentes (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).</i> .....	52
<i>Fig. 33 - Volume de água entrado no SAA com a redução de 5 para 4 bar (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).</i> .....	72

## Índice de tabelas

<i>Tabela 1 - Modelos de Gestão Utilizados em Sistemas de Titularidade Estatal. ....</i>	<i>14</i>
<i>Tabela 2 - Modelos de Gestão Utilizados em Sistemas de Titularidade Municipal ou Intermunicipal. ...</i>	<i>14</i>
<i>Tabela 3 - Panorama dos SAA em alta (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013). 16</i>	
<i>Tabela 4 - Panorama dos SAA em baixa (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013). .....</i>	<i>17</i>
<i>Tabela 5 - Distribuição dos custos de serviço de água (Comissão do Ambiente, Ordenamento do Território e Poder Local, 2012). ....</i>	<i>22</i>
<i>Tabela 6 - Balanço Hídrico de 2013 (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014). ....</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 7 - Contadores segundo a EN 14154:2005 e a Diretiva. 2004 / 22 / CE (MID) (Janz, Contagem e Gestão de Fluidos, S.A.).....</i>	<i>56</i>
<i>Tabela 8 - Diferenças associadas a erros de medição de 5% e 1% (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014). ....</i>	<i>57</i>
<i>Tabela 9 - Aumento do erro médio de medição dos contadores de clientes domésticos.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 10 - Características de contadores consoante o intervalo de medição (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).....</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 11 - Custo-Benefício entre <math>R_{200}</math> e <math>R_{250}</math> (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014). ....</i>	<i>60</i>
<i>Tabela 12 - Custo-Benefício entre <math>R_{200}</math> e <math>R_{400}</math> (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014). ....</i>	<i>61</i>
<i>Tabela 13 - Custo-Benefício entre <math>R_{200}</math> e <math>R_{630}</math> (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014). ....</i>	<i>61</i>
<i>Tabela 14 - Custo-Benefício entre <math>R_{250}</math> e <math>R_{400}</math> (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014). ....</i>	<i>62</i>
<i>Tabela 15 - Custo-Benefício entre <math>R_{250}</math> e <math>R_{630}</math> (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014). ....</i>	<i>63</i>
<i>Tabela 16 - Custo-Benefício entre <math>R_{400}</math> e <math>R_{630}</math> (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014). ....</i>	<i>64</i>
<i>Tabela 17 - Benefício na alteração de <math>R_{200}</math> (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).....</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 18 - Benefício na alteração de <math>R_{250}</math> (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).....</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 19 - Benefício na alteração de <math>R_{400}</math> (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).....</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 20 - Clientes com consumos médios mensais superiores a 500 m<sup>3</sup> (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014). ....</i>	<i>67</i>
<i>Tabela 21 - Diferenças associadas a erros de medição de 5% e 1% (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014). ....</i>	<i>68</i>
<i>Tabela 22- Diferenças associadas a erros de medição de 5% e 1% ao fim de dez anos (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014). ....</i>	<i>69</i>
<i>Tabela 23 - Parâmetros do estudo (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014). ....</i>	<i>71</i>

<i>Tabela 25 - Balanço Hídrico com redução de erros de medição (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).</i>	
.....	73
<i>Tabela 26 - Balanço Hídrico com variação de pressão média na rede em 20% (5 para 4 bar) (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).</i>	
.....	74
<i>Tabela 27 - Balanço Hídrico com os efeitos das medidas de redução de perdas reais e perdas aparentes (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).</i>	
.....	75



## **Acrónimos e Abreviaturas**

AdP - Águas de Portugal

AF - Água Faturada

ANF - Água Não Faturada

DQA - Diretiva Quadro da Água

EG - Entidade Gestora

EGs - Entidades Gestoras

ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos

*Et al.* - E outros

Fig. - Figura

INSAAR - Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e Águas Residuais

IRAR - Instituto Regulador de Águas e Resíduos

IWA - International Water Association

MID - Measurement Instruments Directive

NEP - Nível Económico de Perdas

PEAASAR - Plano Estratégico de Abastecimento de Águas e Saneamento de Águas Residuais

PNA - Plano Nacional da Água

PNUEA - Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

QREN - Quadro de Referência Estratégico Nacional

RASARP - Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal

SAA - Sistema de abastecimento de água

VES - Volume entrado no sistema

ZMC - Zona de Medição e Controlo



# 1 Introdução

## 1.1 Enquadramento e Apresentação do Projeto

Hoje em dia, a Água chega às populações com bastante facilidade através de redes de abastecimento bastante desenvolvidas e complexas. Porém, com o desenvolvimento vem sempre o conhecimento e, por conseguinte surgiu a questão de perdas de água e qual a sua importância.

As perdas de água dividem-se consoante as causas que originam as mesmas. Se as perdas de água resultarem de fugas em reservatórios, fugas na rede, fugas nas ligações ou roturas, são perdas reais. Caso tenham origem em erros de medição ou consumo não autorizado, isto é, ligações ilícitas, adulteração dos contadores, ligações à rede que outrora fora cortadas devido a falta de pagamento, são perdas aparentes.

Embora, o modelo de gestão de um Sistema de Abastecimento de Água (SAA) possa variar entre gestão direta, delegação ou concessão, todos eles têm como objetivo atingir a maior rentabilidade possível dos seus serviços, aumentando a água faturada e diminuindo a água não faturada, sendo a última a soma dos dois tipos de perdas.

Para que o combate às perdas de água de um SAA seja eficaz, a água tem de ser vista como um produto industrial, pois como se confirma nos dias de hoje, facto de não ser vista deste modo, o sector da água é o setor que apresenta maior ineficiência na venda do produto.

Nesta dissertação é elaborada uma avaliação de custo-benefício que uma Entidade Gestora (EG) poderá obter ao implementar medidas de redução de perdas reais e perdas aparentes num SAA. As medidas de redução de perdas aparentes incidiram nos erros de medição associados aos contadores da EG devido ao facto destes serem o instrumento principal de faturação de uma EG. Em relação às perdas reais, elaborou-se um estudo da influência que a variação de pressão na rede tem neste tipo de perdas.

Assim, para que este trabalho fosse possível, o estudo foi com base em dados reais fornecidos pela Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia, EM,S.A.. Ao ser elaborado em ambiente empresarial, ou seja, num ambiente que espelha a realidade atual do setor da água, as escolhas das medidas de redução de perdas de água vão de encontro à estratégia da EG que pensa ser a mais eficaz para a diminuição de Água não faturada (ANF).

## 1.2 Organização da Dissertação

De modo a que o estudo da Dissertação elaborada seja mais facilmente compreendido, em seguida encontram-se os parâmetros fundamentais abordados em cada capítulo.

No Capítulo 2, inicialmente aborda-se a importância da água no planeta e o papel preponderante que a água tem na vida do Homem. Neste capítulo resume-se a história do setor da água em Portugal como também se descreve a atualidade do setor, abordando temas como o PNUEA e a gestão do setor. A partir de uma pesquisa bibliográfica, definem-se as perdas de água de um SAA e expõem-se as principais medidas de combate às consequências ambientais e económicas causadas pelas perdas de água. Salienta-se a Telemetria pois é um método inovador no combate à ANF, que está a ser posto em prática pela Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia, EM,S.A.. Para que realmente se entenda o porquê de as perdas de água num SAA serem tão importantes, expõem-se as várias dimensões das perdas de água num SAA (dimensão económico-financeira, dimensão ambiental, etc.).

Por fim, explica-se o nível económico de perdas, pois sendo esta tese uma avaliação de custo-benefício há que se interiorizar que a Água é um negócio e muitas vezes o ambientalmente correto não é economicamente viável.

No capítulo 3, conclui-se a pesquisa elaborada do capítulo 2 e de forma sintetizada descrevem-se os objetivos para a realização da dissertação.

No capítulo 4, dá-se a conhecer ao leitor a Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia, EM,S.A. e o respetivo Balanço Hídrico de 2013. Aborda-se a questão de ANF que é deveras importante, devido ao facto da avaliação de custo-benefício da implementação de medidas de redução de perdas ser determinada segundo os valores de ANF da Empresa.

No capítulo 5, expõe-se o trabalho realizado na Empresa, discutindo os custos e benefícios obtidos para as medidas de redução de perdas. Concluindo este capítulo, estão os possíveis Balanços Hídricos com os resultados das medidas de redução.

No capítulo 6, conclui-se a dissertação com a análise dos resultados obtidos e com recomendações para futuros trabalhos dentro deste tema.

## 2 Estado da Arte

### 2.1 Papel e importância da água na sociedade

A Água é sem dúvida uma das palavras com menos sinónimos, facto justificado pela simbólica expressão “precioso líquido”. Como é possível algo ser tão simples, uma molécula de oxigénio e duas de hidrogénio, ser um capricho tão desejado na Natureza. A partir dela nasceram todas as coisas, nela surgiram todos os seres, com ela se alimenta a energia vital que mantém todas as plantas e todos os animais (Marmelo, 2004).

Os rios e os seus afluentes são as veias do planeta. Estes “bombeiam” água doce para zonas agrícolas, formam reservatórios naturais de água como lagos e lençóis de água, e dão vida a urbanizações através de sistemas de abastecimento de água. Os rios são o “sangue vital” de um organismo muito complexo, a Civilização Humana. Os rios e os cursos de água são vias de comunicação e rotas de grande importância à volta do mundo. Estes são um indicador de qualidade de vida, pois proporcionam água, comida, energia e atividades de recreio. Todavia, os rios são também o destino final de muitos efluentes industriais e dos produtos finais das atividades humanas (National Geographic).

A agricultura e a pecuária são as atividades que consomem mais água, cerca de 70% do consumo total. Embora, nos continentes Europeu e Norte Americano não é a agricultura que consome mais água, a primazia pertence ao consumo industrial e doméstico. A agricultura, apesar de indispensável, tem um impacto duplamente nocivo: para além de devorar enormes quantidades de água doce para irrigação, polui rios, lagos e águas costeiras com os produtos químicos tóxicos e excesso de nutrientes que liberta no ambiente, provenientes do uso de pesticidas, fertilizantes e resíduos de matéria animal (Hayden, 2008).

O recurso a sistemas de irrigação de culturas e pastagens conheceu um crescimento acelerado no século XX: de menos de 700 Km<sup>3</sup> em 1900 para mais de 2 500 Km<sup>3</sup> em 2000. O rendimento das culturas agrícolas deve-se muito à irrigação, passando de 100 a 400%. Contudo, problemas como salinização dos solos e a exaustão de rios e lagos estão adjacentes a este método. Agravando esta situação é o facto de só metade da água de irrigação chegar às terras a que se destina. A introdução de novos sistemas pode aumentar a eficiência (Hayden, 2008).

Em 1990, a população mundial era à volta de 5 mil milhões, e por esta altura, começavam-se a vislumbrar as consequências do crescimento, em que uma das mais importantes estava relacionada com a água. A nossa procura pela água, não apenas a água para beber, mas a água para alimentar e para fazer tudo o que consumíamos era elevadíssima. Porém algo estava a acontecer. Em 1984, houve jornalistas que reportaram uma fome de proporções bíblicas na

Etiópia por causa de uma seca generalizada. Apesar de “alguns” dizerem que era por ser em África, começa-se também a verificar mais secas e cheias inusitadas (Austrália, Ásia, Estados Unidos e Europa). Depontava então a possibilidade de a água, um Recurso Vital que se julgasse ser abundante e gratuito passasse afinal a ser escasso (Emmott, 2013).

Com este consumo desmesurado de água, o abastecimento de água está a tornar-se um problema global, pois há mil a dois mil milhões de pessoas que se debatem com dificuldades para assegurar os 20 a 50 litros diários de que precisam (Hayden, 2008).

O acesso a água potável é um privilégio, e no mundo mais de 1,4 mil milhões de pessoas, cerca de 24% da população do planeta, não tem direito a esse privilégio. A água doce disponível representa apenas 1% do total de água no planeta e, nas últimas cinco décadas, a degradação decorrente do seu uso inconsciente (factos supramencionados), aumentou em níveis alarmantes (AEP-Associação Empresarial de Portugal).

O abastecimento de água potável às populações e boas condições de saneamento de águas residuais urbanas constituem serviços de interesse geral, essenciais ao bem-estar dos cidadãos, à saúde pública e à segurança coletiva das populações, às atividades económicas e à proteção do ambiente, e devem pautar-se por princípios de universalidade no acesso, de continuidade e qualidade de serviços, de eficiência e equidade dos preços (AEP-Associação Empresarial de Portugal).

## **2.2 Evolução do sistema de abastecimento de água em Portugal**

Os problemas associados à higiene pública adquirem uma dimensão acentuada no decorrer dos séculos XVI, XVII e XVIII. Na capital dá-se um crescimento demográfico bastante rápido e as infraestruturas da cidade não acompanham esse desenvolvimento, e começam a surgir inundações que elevam todo o lixo de uma cidade. Em 1755, aquando o terramoto de Lisboa, o progresso na capital é notável. A cidade é reedificada pelo estabelecimento do princípio da "canalização metódica", cujos efeitos ainda atualmente se fazem sentir nas zonas mais antigas da cidade, em que perduram coletores unitários dispostos em malha, com ligação ao estuário do Tejo (Matos, 2003).

No século XIX, a indústria sofre um “boom”, e com este crescimento da indústria a necessidade de mão-de-obra aumentou exponencialmente. As grandes cidades estão lotadas, e potencia-se a falta de condições sanitárias com a ligação das águas residuais domésticas às redes de drenagem pluvial. Sendo redes de condições precárias, agravou-se enormemente os riscos de transmissão de doenças de origem hídrica. Seguiu-se então o exemplo de cidades como Boston em 1883, Londres em 1847, Nova Iorque em 1854, e Paris em 1880 (Matos, 2003).

É por meados desta altura que (finais do século XIX) os avanços científicos dão a conhecer a correlação entre diversas doenças infecciosas e a falta de sistemas de abastecimento e saneamento de águas capazes de garantir o acesso a água potável e condições mínimas de higiene à população. Os argumentos justificativos desta correlação foram a observação de elevadas taxas de mortalidade e morbilidade, nomeadamente infantil. Assim, redefiniram-se as orientações fundamentais das políticas de saúde pública e de garantir as condições técnicas administrativas e materiais necessárias à sua implementação à escala de todo o território nacional (Pato, 2011).

Pretendia-se solucionar este problema de saúde pública, ambiental e social com um processo de infraestruturação que seguiria os preceitos técnicos mais avançados que vinham sendo implementados em algumas cidades europeias e norte-americanas. Todavia, estas infraestruturas dependiam de outras funções para que produzissem os efeitos desejados (Pato, 2011):

- Expansão da rede de laboratórios de saúde pública, essenciais à fiscalização da qualidade da água e à determinação das causas de mortalidade e morbilidade;
- Formação de técnicos competentes em engenharia e medicina sanitária, capazes de planear as infraestruturas, gerir os respetivos serviços e desenvolver as atribuições de administração e inspeção;
- Recolha e tratamento de informação relativa aos níveis de atendimento da população com serviços de águas e esgotos, e à incidência de doenças infecciosas, necessária à monitorização da situação sanitária do país e à determinação do trabalho a realizar.

Já vem de há muito que as diferentes cores das câmaras e de governos levam a impasses, e neste caso específico a indecisão política relativamente ao melhor modelo de organização político-administrativa do território, que oscilava entre tendências centralizadoras e descentralizadoras, limitou a capacidade de desenvolvimento de um modelo de governação que se pretendia instituir de forma articulada à escala de todo o território nacional. Pese embora o exercício destas funções tenha sido formalizado na legislação que definiu os propósitos da reforma dos serviços de administração sanitária, publicada entre 1899 e 1901, devido à crise financeira que em 1982 Portugal atravessava, não existiram condições para cumprir compromissos internacionais (Pato, 2011).

O veredicto político foi concentrar a maior parte dos encargos técnicos e financeiros inerentes à infraestruturação de redes de água e esgotos no âmbito de responsabilidades dos municípios, de forma a descentralizar o poder da administração vigente na transição do século XIX para o século XX (Pato, 2011).

É então que surge um novo obstáculo à infraestruturação de redes de água e esgotos em Portugal. Privilegiou-se os municípios urbanos à deteriore dos municípios rurais, relativamente à disponibilização dos recursos necessários. Desta forma, emergem efeitos discriminatórios de enorme peso, pois num país maioritariamente rural esta opção deixaria por resolver os problemas da grande maioria da população nacional. De salientar também que a política empregue pelo Estado visava que nele dependessem as funções de regulamentação, apoio técnico e financeiro ao desenvolvimento das atribuições autárquicas num contexto em que estas se encontravam desprovidas dos meios necessários ao exercício das suas atribuições. Isto permitiu aos administradores públicos que optassem por políticas públicas de acordo com o que julgavam conveniente e oportuno diante de determinada situação, visto que lhes era concedida uma espécie de liberdade que não era pautada em diretrizes particulares (Pato, 2011).

A implementação e desenvolvimento dos propósitos fundamentais da primeira configuração de políticas públicas de abastecimento e saneamento de águas antevia-se como um processo lento e disfuncional. Este processo torna-se utópico e estende-se ao longo das três primeiras décadas do século XX, sendo a inoperância da administração sanitária e das autarquias no desenvolvimento das suas atribuições, bem como o adiamento sucessivo do reforço de meios laboratoriais, reconhecidos e recorrentemente justificados pela falta de meios técnicos e financeiros (Pato, 2011).

Consequentemente, as orientações políticas e os investimentos realizados foram direcionados para a resolução dos problemas das grandes cidades, o que levou a que o enfoque do investimento e das orientações políticas neste tipo de infraestruturas se voltasse, obviamente, para os centros urbanos. Tal enfoque dá-se como terminado na década de 50 do século XX, quando se dá o culminar destas orientações políticas em 1944, com a apresentação do “Plano de Abastecimento de Água às Sedes dos Concelhos”, que tinha por objetivo dotar, em dez anos, todas as sedes de concelho com abastecimento de água, plano que vigorou até 1960 (Gonçalves, 2013).

Até ao início da década de 1940 o número de óbitos devido a doenças relacionadas com a água e a higiene foi colossal (20 000 nos finais da década de 1920 e 20 000 nos inícios de 1940). Nas seguintes três décadas constata-se uma diminuição no número de óbitos, porém o sistema de abastecimento por fontanários ainda era o modo complementar de abastecimento nos centros urbanos e o predominante nas povoações rurais. Portanto os fontanários continuavam a ser a fonte de abastecimento de água da grande maioria dos portugueses (Gonçalves, 2013).

O “salto” que se dá na resolução dos problemas sanitários foi quando em Abril de 1974 se assiste a um investimento administrativo muito significativo. Este investimento implicava intervenções realizadas um pouco por todo o país, num esforço conjunto entre vários ministérios e autarquias locais, mas também, esta consciencialização surge em consequência do surto de cólera em



Tavira que rapidamente se expandiu em direção ao Norte, e a necessidade de uma intervenção urgente por todo país verifica-se ser imperatória (Pato, 2011).

O setor de águas em Portugal começa a estruturar-se, e em 1976 cria-se a Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos e Saneamento Básico e a Direcção-Geral de Saneamento Básico. Estando o país numa reformulação de Estado o dinheiro não abundava. Deste modo foi necessário negociar dois empréstimos internacionais exclusivamente destinados a investir no sector, assinalando a intenção do governo de reformular os pressupostos essenciais neste domínio de governação. Graças ao esforço dos municípios no processo de infraestruturização, os resultados entre 1975 e 1990 foram notórios. Os níveis de atendimento da população com serviços de águas e esgotos passam de 40% e 17%, respetivamente, para 80% e 62% (Pato, 2011).

## 2.3 O Setor da Água em Portugal

Para se entender o presente é necessário ter conhecimento do passado, e nos últimos doze anos os acontecimentos mais marcantes no setor das águas foram (Martins M. , 2007), (Agência Portuguesa do Ambiente (APA)):

- **1993:** Alteração da Lei de Delimitação (LDS);  
Regime jurídico dos sistemas municipais e multimunicipais;  
Constituição das Águas de Portugal (AdP).
- **1995:** Criação do Observatório Nacional dos sistemas Municipais e Multimunicipais de Captação e Distribuição de Água para Consumo Público, de Recolha, Tratamento e Rejeição de Efluentes e Recolha e Tratamento de Resíduos Sólidos.
- **1997:** Substituição do Observatório Nacional pela entidade reguladora IRAR (Instituto Regulador de Águas e Resíduos).
- **1998:** Lei nº 58/98, possibilita a criação de empresas municipais, intermunicipais e regionais de capitais maioritariamente públicos.
- **2000:** Plano Estratégico de Abastecimento de Águas e de Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR) 2000-2006;  
Diretiva Quadro da Água (DQA).
- **2001:** Águas de Portugal (AdP) líder do Mercado;
- **2002/2003:** Alterações legislativas significativas, relativamente ao regime aplicável aos sistemas multimunicipais e aos estatutos do IRAR;  
Plano Nacional da Água (PNA).
- **2007:** Novo Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR II, 2007-2013).
- **2012:** Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA 2012-2020)

Antes de 1993, o setor de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais em Portugal não estava apto para responder às necessidades de uma população que já se delineava por padrões impostos pela União Europeia (AEP-Associação Empresarial de Portugal).

É então que em 1993 o setor sofre um grande revés na sua organização. Neste ano, o grupo AdP foi constituído ao abrigo do direito comercial privado com acionistas públicos, tendo como prioridade o desenvolvimento dos sistemas multimunicipais de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais, no sentido de ultrapassar a fragmentação que caracterizava aqueles setores, condição necessária para a evolução pretendida (ÁGUAS de PORTUGAL).

Já em 1998 com a implementação da lei nº 58/98, a empresarialização do setor ficaria mais forte, visto que se criaram empresas municipais, intermunicipais e regionais de capitais maioritariamente públicos. Assim, as autarquias passariam a ter a possibilidade de delegar a essas empresas a prestação de serviços de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais (Martins M. , 2007).

A implementação desta lei fez com primeira geração de sistemas multimunicipais gera-se experiências positivas. Porém, as dificuldades reveladas pelos municípios, obrigados a procedimentos administrativos que dificultariam a realização dos projetos financiados pelo Fundo de Coesão, levaram o Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território a definir uma estratégia bem delineada. Surge então o PEAASAR em 2000, como um plano estratégico para as intervenções indispensáveis a completar e melhorar a cobertura do País em abastecimento de água e saneamento de águas residuais urbanas. Com este Plano pretendia-se que 95% da população fosse abastecida de água e que 90% da mesma fosse atingida com um sistema de drenagem e tratamento de águas residuais (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013).

As metas definidas pelo PEAASAR 2000-2006 não estavam a ser atingidas, apesar do grande passo dado pelo setor. Consequentemente procedeu-se a uma reformulação estratégica, que incidiu na implementação de um novo Plano (PEAASAR II). O período deste plano seria agora entre 2007-2013, coincidindo com o período de implementação do Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN). Os três grandes âmbitos de ação em que o PEAASAR II se foca para 2013 são (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013):

- A universalidade, a continuidade e a qualidade do serviço;
- A sustentabilidade do setor;
- A proteção dos valores ambientais e de saúde pública.

Com o auxílio das seguintes imagens é possível observar a evolução dos objetivos, no âmbito da universalidade, da continuidade e da qualidade do serviço.

Em relação ao abastecimento de água (figura 1), é possível observar que os objetivos estabelecidos no PEAASAR II são cumpridos, uma vez que, cerca de 95% da população total do País já dispõe de sistemas públicos de abastecimento de água. De enaltecer o esforço realizado por este setor entre 1994 e 2011, pois o abastecimento de água aumentou aproximadamente 15%. Com este aumento, nas zonas urbanas atingiu-se os 99% e nas zonas rurais os 90% (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013).

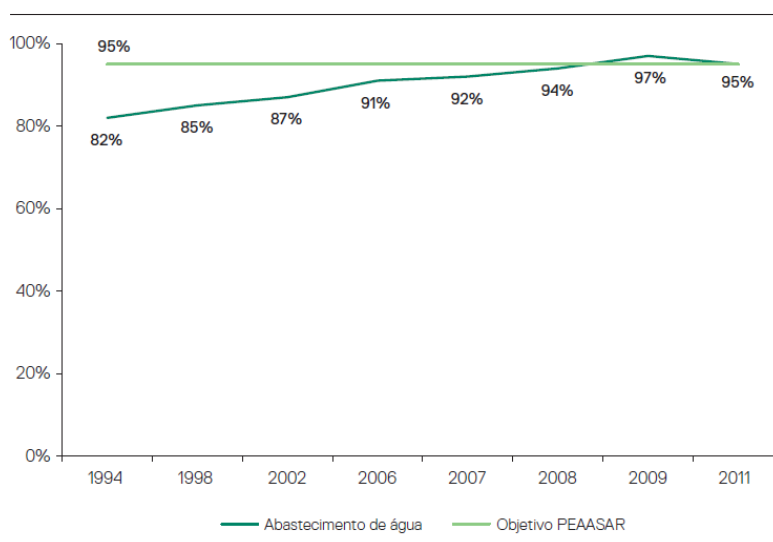


Fig. 1 - Evolução da cobertura do serviço de abastecimento de água (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013).

Embora a nível de abastecimento de água os resultados fossem bastante positivos, em relação ao nível de cobertura do serviço de saneamento de águas residuais (drenagem e tratamento de águas residuais) os resultados não corresponderam com os objetivos propostos. Apesar de melhorias importantes, ainda persistem dificuldades diversas no cumprimento das obrigações legais nacionais e comunitárias.

A partir da figura 2 é possível observar que os 90% estabelecidos no PEAASAR II para a cobertura da população portuguesa com sistemas públicos de saneamento de águas residuais urbanas não foram atingidos. Em 2011, a cobertura do serviço de drenagem de águas residuais foi de 81% e o serviço de cobertura de tratamento de águas residuais atingiu os 78% (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013).

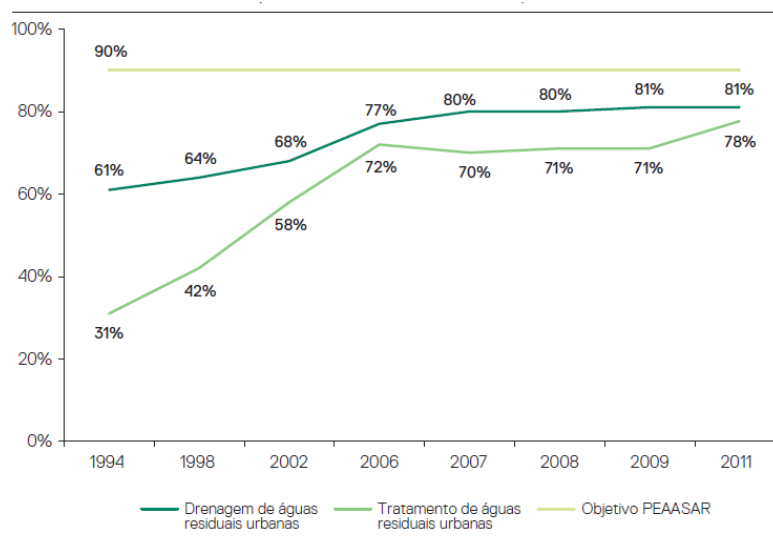


Fig. 2 - Evolução da cobertura do serviço de saneamento de águas residuais (*Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013*).

A Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR) desenvolveu um novo indicador (água segura) para avaliar a qualidade dos serviços prestados à população. O indicador água segura é a percentagem de água controlada e de boa qualidade (*Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013*).

Na figura 3 está representada a evolução da percentagem de água segura entre 2004-2011.



Fig. 3 - Evolução da percentagem de água segura (2004-2011) (*Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013*)

No PEAASAR II o objetivo estabelecido era o de garantir 99% de água segura, porém este valor não é atingido. Os 98% atingidos são o produto da percentagem de cumprimento da frequência

de amostragem pela percentagem de cumprimento dos valores paramétricos. Os valores atingidos foram de 99,65% nos pontos de entrega (entidades em alta) e 97,92% na torneira do consumidor (entidades em baixa) (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013).

Será então necessário um pouco mais de esforço dos intervenientes do Setor das Águas para que se atinga a meta estabelecida no PEAASAR II.

Para obter uma perspetiva global do avanço neste sector, a percentagem de água segura em 1993 era de 50%. Todo este processo resulta da aplicação da legislação pelas entidades envolvidas como a ERSAR, entidades gestoras, autoridades de saúde e laboratórios, que se repercute na realização de grande parte das análises impostas pela legislação. Devido aos avanços tecnológicos, a fiabilidade dos resultados analíticos é cada vez maior, o que possibilita conclusões mais rápidas e melhores (AEP-Associação Empresarial de Portugal).

Na figura 4 é possível visualizar a distribuição geográfica da percentagem de água segura por concelho em função da meta PEAASARII.

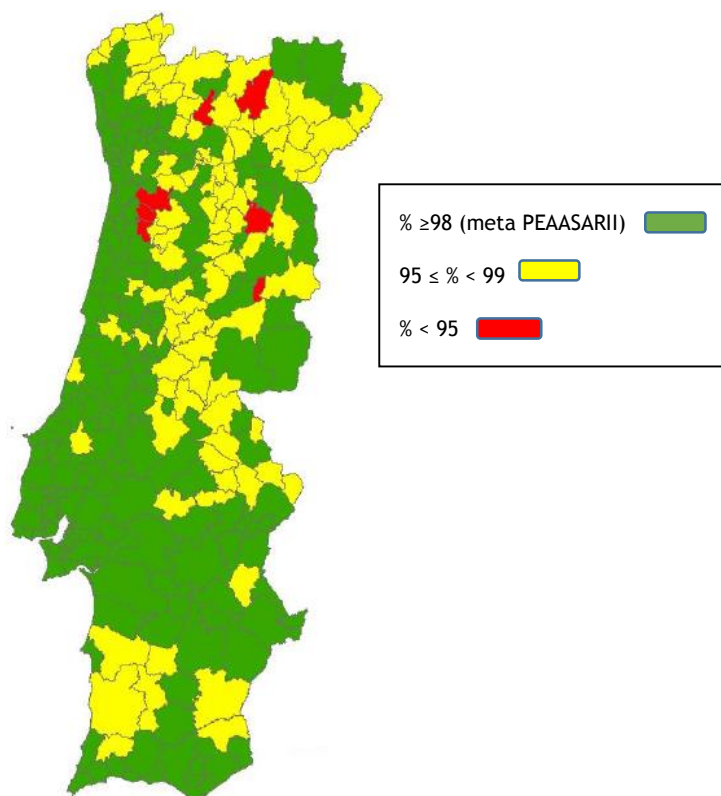


Fig. 4 - Distribuição geográfica da percentagem de água segura por concelho em função do objetivo PEAASAR II (*Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2014*).

Hoje em dia o grupo AdP assume um papel de grande contribuidor (integrando o setor empresarial do Estado) para o cumprimento dos objetivos estratégicos setoriais do País. No que concerne ao tema abordado, ou seja, nos domínios de abastecimento de água e de

saneamento de águas residuais, o grupo AdP abrange cerca de 95% da população com sistemas públicos de abastecimento de água e cerca de 90% da população com sistemas públicos de saneamento de águas residuais urbanas (ÁGUAS de PORTUGAL).

### 2.3.1 Sistema de Abastecimento de Água

Os sistemas de abastecimento de água são o motor de uma comunidade, pois estes providenciam um bem que está na base de todas as atividades. Os sistemas de abastecimento são fundamentais para remover a água dos reservatórios naturais, mas são igualmente fundamentais para voltar a colocar a água nesses mesmos reservatórios. Mal a água entra no sistema sofre imensas alterações, mas no final, quando é devolvida à natureza, sofre um último tratamento, para que no recetor final não se desencadeia qualquer tipo de impacto ambiental.

A seguinte figura demonstra as várias etapas de um sistema de abastecimento de água (SAA).

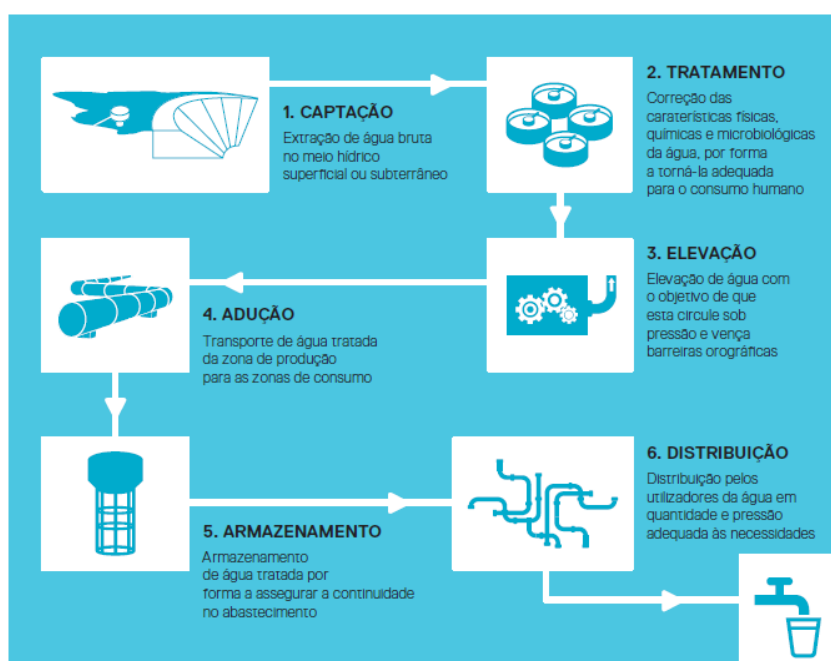


Fig. 5 - Etapas de um sistema de abastecimento de água (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013).

As etapas de 1 a 5 que se visualizam na figura 5 pertencem ao sistema em alta, enquanto que a etapa 6 pertence ao sistema em baixa. O sistema em alta capta a água bruta da sua origem (meio hídrico), torna-a consumível, bombe-a entre um ponto de cota inferior e um ou mais pontos de cota superior e por fim transporta a água para os reservatórios. O sistema em baixa caracteriza-se pela ligação final ao consumidor, ou seja, é o sistema encarregue pela distribuição da água na rede pública até consumidor final. Tem a função fundamental de fazer chegar a água em qualidade, quantidade e pressão apropriadas a um consumidor muito exigente.

### **2.3.2 Gestão dos serviços de águas em Portugal**

Em Portugal, a responsabilidade pelo fornecimento dos serviços de águas é dividida entre o Estado e os municípios. O Estado é responsável pelos sistemas multimunicipais (pelo menos dois municípios), em que o investimento é maioritariamente efetuado pelo Estado. Tal investimento deve-se a razões de interesse nacional. Enquanto que os municípios são responsáveis pelos sistemas municipais. A gestão e a exploração dos sistemas municipais pode ser efetuada da seguinte forma (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013):

- Diretamente efetuada pelos respetivos municípios (através dos respetivos serviços municipais ou municipalizados);
- Atribuídas, mediante contrato de concessão, a entidade pública ou privada de natureza empresarial, ou a associação de utilizadores.

Por força da Lei n.º 88-A/97, de 25 de julho (Lei de Delimitação de Setores), a iniciativa privada através de redes fixas pode aceder às atividades de captação, tratamento e distribuição de água para consumo público, recolha, tratamento e rejeição de águas residuais urbanas. Isto só se verifica quando os sistemas multimunicipais e municipais são concessionados. No caso de sistemas multimunicipais apenas se admite uma participação minoritária no capital das entidades concessionárias, limite que não existe para as concessões de sistemas municipais (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013).

Assim, o Estado e os municípios cooperam com as empresas privadas para a gestão dos serviços de água, através dos seguintes modelos segundo a legislação em vigor (AEP-Associação Empresarial de Portugal):

- Participação minoritária no capital das entidades gestoras concessionárias multinacionais;
- Participação minoritária no capital das empresas municipais, intermunicipais ou metropolitanas;
- Concessão do município em terceira entidade pública ou privada.

Os modelos de gestão dos serviços de águas nos diferentes sistemas estão representados nas seguintes tabelas (AEP-Associação Empresarial de Portugal).

Tabela 1 - Modelos de Gestão Utilizados em Sistemas de Titularidade Estatal.

<b>Modelos de Gestão Utilizados em Sistemas de Titularidade Estatal</b>	
<b>Modelo</b>	<b>Entidade Gestora</b>
Gestão direta	Estado
Delegação	Empresa Pública
Concessão	Entidade concessionária multimunicipal

*Fonte: RASARP 2012*

Tabela 2 - Modelos de Gestão Utilizados em Sistemas de Titularidade Municipal ou Intermunicipal.

<b>Modelos de Gestão Utilizados em Sistemas de Titularidade Municipal ou Intermunicipal</b>	
<b>Modelo</b>	<b>Entidade Gestora</b>
Gestão direta	Serviços municipais
	Serviços municipalizados
	Associação de municípios (serviços intermunicipalizados)
Delegação	Empresa constituída em parceria com o Estado (integrada no setor empresarial local ou do Estado)
	Empresa do setor empresarial local sem participação do Estado (constituída nos termos da lei comercial ou como entidade empresarial local)
	Junta de freguesia e associação de utilizadores
Concessão	Entidade concessionária municipal

*Fonte: RASARP 2012*

Dependendo da atividade da EG, esta divide-se em dois grupos: EG em alta ou EG em baixa. Portanto, se a EG está incumbida da função de captação, do tratamento, da adução e armazenamento da água, então é uma EG em alta. Caso a EG seja responsável pela distribuição da água na rede até ao consumidor, é uma EG em baixa.

Na figura 6 pode-se visualizar como é que as Entidades Gestoras (EGs) do serviço de abastecimento público de água em alta (esquerda) e em baixa (direita) se distribuem geograficamente.



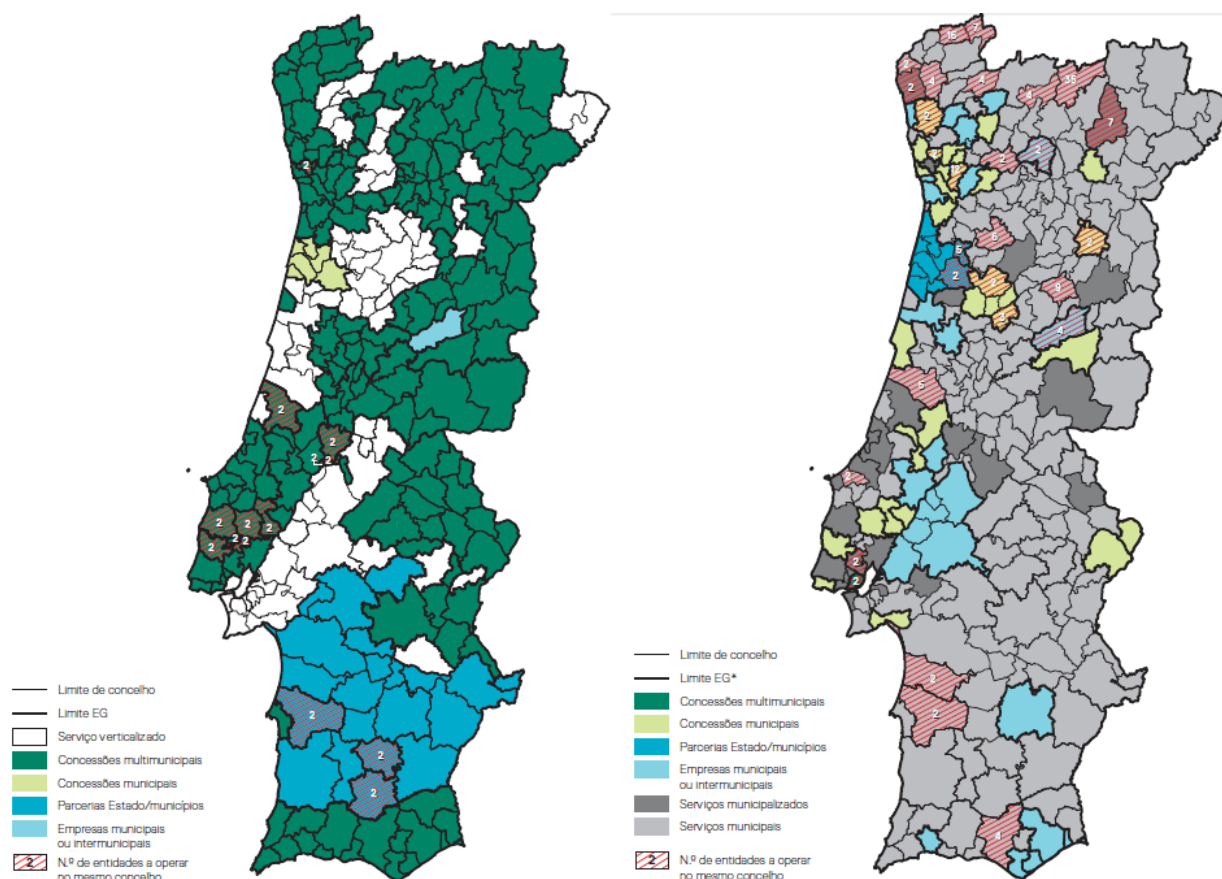


Fig. 6 - Distribuição geográfica das entidades gestoras de serviços de abastecimento de água em alta (esquerda) e em baixa (direita) (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013).

No que concerne às EGs em alta, verifica-se que as concessões multimunicipais detêm um maior número de municípios a nível nacional (184 municípios e mais de 6,1 milhões de habitantes). Se às concessões multimunicipais lhe adicionarmos as concessões municipais, as entidades concessionárias abrangem cerca de 95% da população e 89% dos municípios que possuem serviço de abastecimento público de água em alta. Constata-se também que há um número considerável de municípios com os serviços de abastecimento público de água verticalizados, ou seja, onde as vertentes em alta e em baixa de um serviço de abastecimento são executadas pela mesma entidade gestora. A verticalização do serviço abrange 107 municípios e um total de 3,6 milhões de habitantes, concentrando-se sobretudo no centro do País (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013).

Relativamente às EGs em baixa, o modelo de gestão mais representado é o de gestão direta (serviços municipais e municipalizados), abrangendo 70% dos municípios e aproximadamente 54% da população de Portugal Continental. A partir do mapa, observa-se que é no litoral ou nos grandes centros urbanos, que os modelos de gestão de delegação ou de concessão são predominantes (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013).

Para se ter uma ideia mais concreta da distribuição dos modelos de gestão em Portugal Continental, as tabelas 3 traduzem o panorama geral dos serviços de abastecimento de água em alta.

Tabela 3 - Panorama dos SAA em alta (*Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013*).

Submodelo de gestão	Entidades Gestoras	Concelhos abrangidos	Área abrangida (Km <sup>2</sup> )	População abrangida (milhares de hab.)	Densidade populacional (hab.Km <sup>2</sup> )
Concessões multimunicipais	12	184	51786	6147	119
Concessões municipais	1	6	639		222
Parcerias Estado/município	1	21	16052	265	17
Empresas municipais ou intermunicipais	1	1	435	51	118
Outros submodelos de gestão/não aplicável	1	2	101	0,4	4

Segundo a tabela 3, cujos dados foram obtidos nos censos de 2011, verifica-se novamente que as concessões multimunicipais são o submodelo de gestão predominante. De salientar o facto das parcerias Estado/município, em que a área abrangida é grande parte do Alentejo, que se traduz em cerca de 23% do território de Portugal Continental (Águas Públicas do Alentejo) servir apenas 265 mil habitantes. Este facto deve-se à fraca densidade populacional (17hab./km<sup>2</sup>), característica da tipologia de área de intervenção da entidade gestora (área predominantemente rural).

Em relação ao panorama geral dos serviços de abastecimento de água em baixa os dados obtidos nos censos de 2011 encontram-se na tabela 4.

Tabela 4 - Panorama dos SAA em baixa (*Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2013*).

Submodelo de gestão	Entidades Gestoras	Concelhos abrangidos	Área abrangida (Km <sup>2</sup> )	População abrangida (milhares de hab.)	Densidade populacional (hab.Km <sup>2</sup> )
Concessões multimunicipais	2	2	160	575	3594
Concessões municipais	27	32	7448	1808	243
Parcerias Estado/município	1	10	1476	332	225
Empresas municipais ou intermunicipais	24	29	9052	1766	195
Serviços municipais	191	191	62322	3107	50
Serviços municipalizados	22	24	8439	2232	264
Outros submodelos de gestão/não aplicável	113	21	1632	77	47

O submodelo de gestão com maior representatividade são os serviços municipais com 191 municípios (3,1 milhões de habitantes). Este tipo de gestão é predominante em zonas rurais, facto que justifica ser o submodelo com menor densidade populacional (50 hab./km<sup>2</sup>). Pese embora este facto, esta tipologia é a que tem um número maior de população abrangida (3\_107 milhares de habitantes). Na figura 6, visualizando o mapa da distribuição geográfica das EG, verifica-se que a cor mais representada é o cinzento, cor que representa os serviços municipais e que se localiza em grande parte no interior do País. Ao revés deste panorama, surgem as concessões multimunicipais, as concessionárias municipais, as empresas municipais ou intermunicipais e os serviços municipalizados, que apesar de abrangerem muito menos municípios, devido à elevada densidade populacional (elevada intervenção nas zonas urbanas) abrangem cerca de 1,8 milhões de habitantes, 1,7 milhões de habitantes e 2,2 milhões de habitantes, respetivamente.

### 2.3.3 Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA)

A Água é um bem bastante precioso que por vezes devido à facilidade com que se obtém, o seu uso torna-se inconsciente. Desta forma, é necessária uma consciencialização geral de que a gestão da água está associada a áreas de grande relevo na sociedade (energia, indústria e agricultura) e só assim a aplicação de políticas quanto ao uso eficiente da água é que será realmente eficiente.

A poupança oriunda de boas práticas a nível dos vários sectores é uma mais-valia significativa, pois com a conjugação sinérgica da eficiência energética com a eficiência hídrica, os resultados

repercutem-se ao nível do ambiente e da economia (Assunção Cristas, Ministra da Agricultura e do Mar de Portugal, 2012).

Na soma dos três grandes setores (urbano, agrícola e industrial), a procura anual de água no território continental foi de 7 500 milhões m<sup>3</sup> (início século XXI). O setor urbano é o que acarreta mais custos, uma vez que os custos de abastecimento são muito elevados e a água para consumo humano requer tratamento prévio. Todavia, o setor agrícola detém o estatuto de maior consumidor, atingindo aproximadamente, em termos de volume, valores superiores a 80% (Governo de Portugal e Agência Portuguesa do Ambiente, 2012).

No ano de 2000, foi fundamental saber do consumo total qual a parcela de água que não era aproveitada. Esta falta de aproveitamento estava associada não só a perdas ao sistema de armazenamento, transporte e distribuição, mas também ao uso ineficiente da água para os fins previstos. Assim, em 2009 a procura total de água foi aproximadamente de 4 200 milhões de m<sup>3</sup>, ou seja, reduziu cerca de 43% em relação a 2000. Esta redução acentuada nos setores deve-se essencialmente a (Governo de Portugal e Agência Portuguesa do Ambiente, 2012):

- No setor urbano as diversas EGs de distribuição de água de abastecimento (setor urbano) desempenharam um trabalho considerável na redução de perdas nos sistemas de transporte e distribuição.
- No setor industrial com a implementação políticas abrangidas pelo regime de Prevenção e Controlo Integrados de Poluição (PCIP), as indústrias mais consumidoras de água viram-se obrigadas a planos de melhoria e a relatórios ambientais anuais.
- No setor agrícola, setor onde se verifica maior consumo de água, a conjugação de fatores como a conjuntura nacional que reduziu as áreas regadas no primeiro decénio do século, assim como o aumento da eficiência do uso da água, tanto na componente relativa às perdas associadas ao sistema de armazenamento, transporte e distribuição como na componente relativa à aplicação da água de rega nas parcelas. Entre 2004 e 2006 registou-se uma seca, facto que também contribuiu para uma redução temporária das áreas regadas.

Na figura 7 observa-se a variação entre os anos de 2000 e 2009 da procura nacional de água por setor.

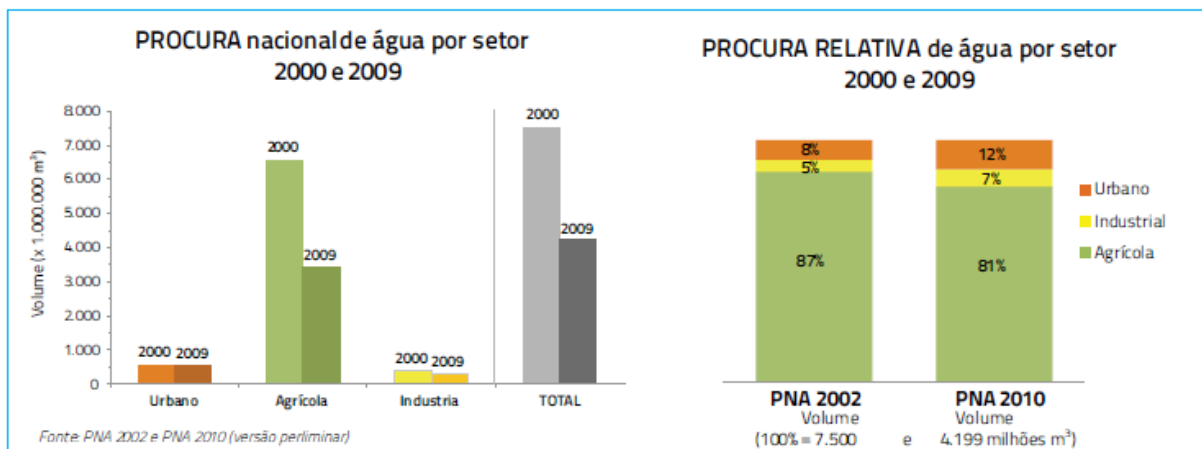


Fig. 7 - Variação da procura de água por setor (2000-2009) (Governo de Portugal e Agência Portuguesa do Ambiente, 2012).

A eficiência de utilização da água é o quociente entre o consumo útil e a procura efetiva:

$$\eta(\%) = \text{Consumo útil} / \text{Procura efetiva} \times 100$$

$\eta$  = Eficiência de utilização da água

Desperdício (Ineficiência) (%) =  $100 - \eta$

Com a figura 8 pode-se comparar a ineficiência do uso da água nos setores urbano, agrícola e industrial no ano de 2000 e no ano de 2009.

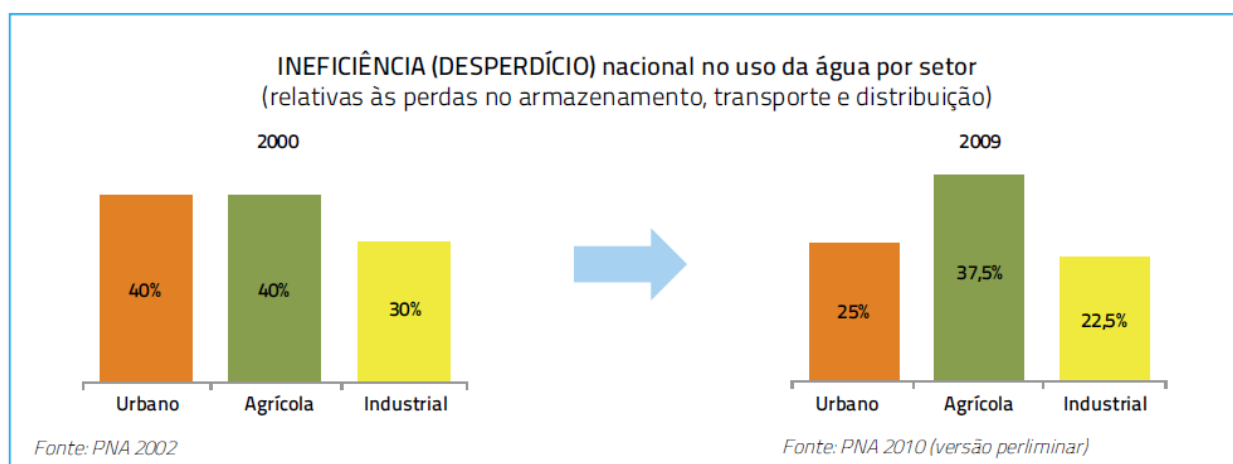
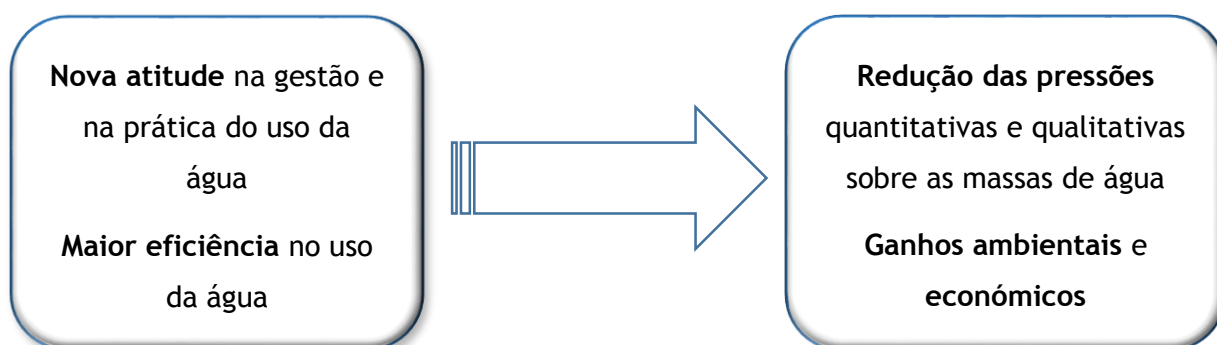


Fig. 8 - Ineficiência nacional no uso da água por setor em 2000 e 2009 (Governo de Portugal e Agência Portuguesa do Ambiente, 2012)

É notória a melhoria da eficiência do uso da água nos vários setores graças à aplicação de algumas medidas como as mencionadas anteriormente. Contudo, as percentagens de ineficiência ainda são elevadas. A redução da ineficiência mais acentuada é no setor urbano, porém, nos outros setores não é tão fácil contabilizar os desperdícios como é o caso das perdas no sistema de adução e distribuição (Governo de Portugal e Agência Portuguesa do Ambiente, 2012).

Deste modo, surge a primeira versão do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água, com o propósito de que com o uso eficiente da água advenha um menor impacto sobre o ambiente e uma redução de custos nos principais setores económicos. Portanto, com os anteriores “custos desnecessários” passa a existir uma margem monetária que pode ser reinvestida tornando os setores cada vez mais eficientes a nível ambiental e económico (Governo de Portugal e Agência Portuguesa do Ambiente, 2012).

Os objetivos gerais e estratégicos do PNUEA para os três setores alvo têm como filosofia de atuação o seguinte conceito:



Este conceito surge para que seja possível atingir as metas estabelecidas relativamente aos desperdícios de água em cada setor.

Assim, tendo em conta as estimativas do PNA em 2002, em que estas previam um desperdício no uso de água de 40% no setor agrícola, 30% no industrial e 40% no urbano, estabeleceram-se as seguintes metas para 2020 (Governo de Portugal e Agência Portuguesa do Ambiente, 2012):

- 35% no setor agrícola (eficiência de 65%)
- 15% no setor industrial (eficiência de 85%)
- 20% no setor urbano (eficiência de 80%)

Com estas metas estima-se uma poupança total de água superior a 100 milhões m<sup>3</sup>/ano.

Na seguinte figura observa-se a evolução pretendida no combate ao desperdício no uso da água nos setores que mais usufruem desta em Portugal.

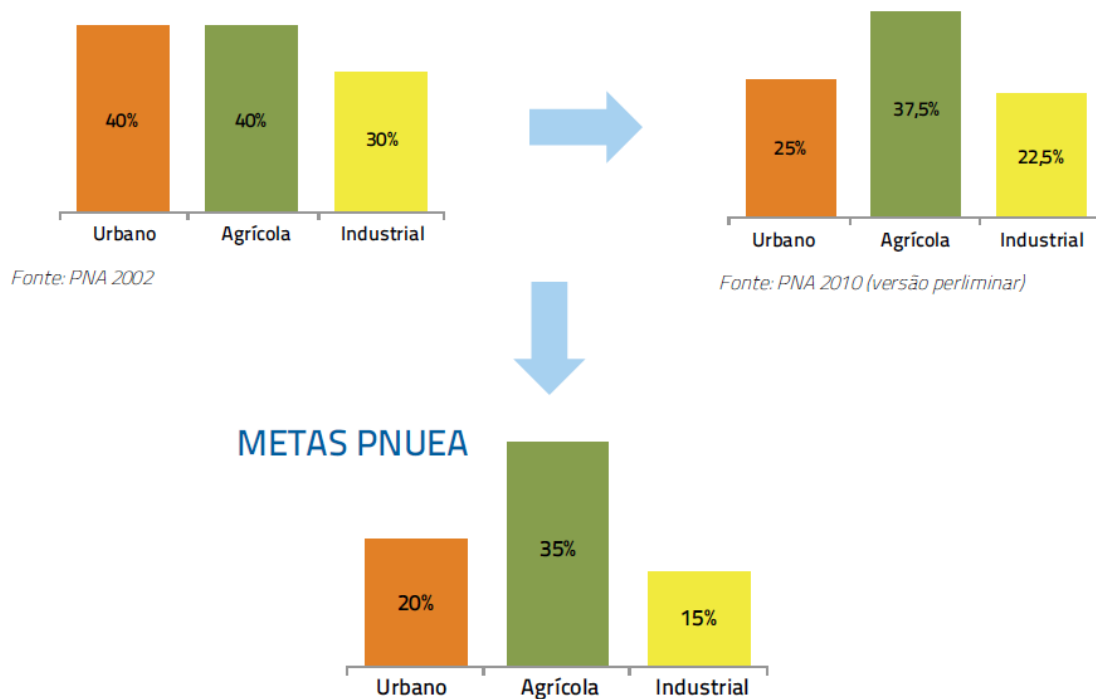


Fig. 9 - Metas PNUEA para 2020 (Governo de Portugal e Agência Portuguesa do Ambiente, 2012)

#### 2.3.4 O Preço da Água

A situação atual do serviço de abastecimento de água apresenta um défice considerável. Caso os serviços prestados pelo setor não fossem fortemente subsidiados, a maioria das EGs não recuperaria os custos dos serviços prestados. Para agravar a situação com que hoje se depara o setor, ou seja, com a expansão das infraestruturas de saneamento, o défice combinado tenderá a aumentar. As tarifas em alta praticadas para o saneamento são por norma superiores às tarifas da água e, os preços impostos ao consumidor pelas EGs são para o saneamento mais baixos do que os preços praticados para a água. Logo, o setor depara-se com uma insustentabilidade que só é resolvida pela subsidiação dos serviços, ou por via dos orçamentos municipais, ou mesmo até pelo Orçamento de Estado caso este tenha que intervir para cobrir défices (Comissão do Ambiente, Ordenamento do Território e Poder Local, 2012).

Os problemas avultam-se mais para o interior, onde a questão de insustentabilidade ganha dimensão e a solução parece uma miragem. Os sistemas multimunicipais apresentam as tarifas mais elevadas nos sistemas do interior e, é nestas mesmas regiões que as autarquias aplicam os preços mais baixos ao consumidor final. Agravando este panorama, também é no interior do país que os rendimentos familiares são inferiores à média nacional (Comissão do Ambiente, Ordenamento do Território e Poder Local, 2012).

Em Portugal, um terço dos sistemas multimunicipais aplica tarifas inferiores às necessárias e, nos sistemas municipais observam-se casos em que as autarquias apenas faturam uma pequena parte do custo real do serviço em alta, ou então, nem sequer cobram este serviço. A grande

maioria das EGs, em evidência as entidades municipais responsáveis pelo serviço em baixa, com as tarifas que aplicam não é possível recuperar a totalidades dos custos incorridos na prestação dos serviços. Deste modo, a subsidiação dos serviços pelos contribuintes volta a ser a solução. Porém, a situação económica que se vive em Portugal, em que é obrigatória a diminuição do endividamento, implica que o dinheiro proveniente do Orçamento de Estado não chegue às autarquias nas quantidades de outrora. Então, como não há dinheiro oriundo da subsidiação, instaurar-se-á uma situação sustentável, onde será o consumidor a pagar as tarifas do serviço em alta (Comissão do Ambiente, Ordenamento do Território e Poder Local, 2012).

Apesar de com a falta de fundos resultar uma gestão mais comedida e racional, surgem consequências como a impossibilidade de realizar operações de manutenção e renovação de redes antigas. Assim, num futuro próximo aumentarão as perdas de água e num mais distante, aquilo que seriam custos de reparação passarão a ser custos de construção de novas infraestruturas (Comissão do Ambiente, Ordenamento do Território e Poder Local, 2012).

Na tabela 5 observam-se os custos associados ao serviço de água prestados pelas diversas EGs.

Tabela 5 - Distribuição dos custos de serviço de água (Comissão do Ambiente, Ordenamento do Território e Poder Local, 2012).

Entidade Gestora	População Residente (hab.) *	Custo médio de serviço (€/m <sup>3</sup> )
Águas do Noroeste	1 104 000	3,6
Águas da Região de Aveiro (Baixo Vouga)	372 000	2,8
Águas do Mondego	564 000	3,9
Águas do Oeste	194 000	2,6
Águas do Algarve	348 000	2,4
Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro	462 000	4,7
Águas do Zêzere e Côa	188 000	4,7
Águas do Centro	123 000	6,1
Águas do Norte Alentejano	87 000	4,4
Águas do Centro Alentejo	119 000	3,6

\* Dados de 2009

Na tabela 5 verifica-se que o custo médio de serviço varia de EG para EG. As EGs que apresentam valores inferiores são as que prestam serviço no Litoral do país. Surge então a questão de porque é que cada cidadão tendo igualdade de direito na obtenção deste serviço, dependendo da sua localização geográfica, deverá pagar valores tão disparos.

Esta questão é respondida pelas diferenças nos custos dos serviços e pela diferença das opções tarifárias das EGs, dependendo se estas optam por subsidiar total ou parcialmente os serviços de águas. Os custos de serviço mais elevados no interior são justificados pela densidade



populacional que é bastante inferior e pelas características do terreno (extensão e geomorfologia) (Comissão do Ambiente, Ordenamento do Território e Poder Local, 2012). Portanto, devido a este problema económico-social, Portugal debate-se sobre uma questão muito sensível que é a desertificação do interior.

## 2.4 Perdas de água no sistema de abastecimento

O combate às perdas de água devido ao crescimento demográfico e por conseguinte aumento da procura de água tem ganho maior relevância. Hoje em dia as EGs têm conhecimento do peso que as perdas de água têm na eficiência de um sistema de abastecimento. O impacto que as perdas de água têm no setor é de tal forma abrangente que afeta tanto o produtor como o consumidor, ou seja, a ineficiência incutida no setor reduz a qualidade de serviço e contribui para o aumento do custo da água que é efetivamente faturada. O principal objetivo de uma EG é fornecer ao cliente o melhor serviço, ou seja, providenciar qualidade (regularidade e fiabilidade) de serviço ao menor custo possível. Obviamente que o custo aplicado pela EG visa uma prestação de serviço sustentável, para que os capitais investidos sejam remunerados. Desta forma, o combate às perdas de água figura-se como um grande obstáculo às EGs que têm como objetivo, o maior nível de satisfação do utilizador final (Alegre *et al.*, 2005).

Para que se tenha uma noção mais simplificada do porquê das perdas de água serem uma das principais origens de ineficiência das EGs, basta comparar este setor económico com outros. Sendo o produto produzido por este setor a água, nas fases de transporte e distribuição, dificilmente haverá outro setor económico que perca valores tão expressivos do produto produzido (Alegre *et al.*, 2005).

As perdas de água nos sistemas dificilmente são conhecidas com precisão, e estas são medidas como a percentagem de água entrada no sistema que não é efetivamente fornecida e faturada aos consumidores retirando também a componente de Consumo Autorizado, Não Faturado (Poças Martins, 1998). Visto que as perdas de água se dão em todas as etapas do sistema de abastecimento (fig.5), estas podem ser calculadas para todo o sistema ou mais pormenorizadamente, em subsistemas. Assim, a percentagem poderá ser calculada individualmente no sistema de captação de água bruta, no sistema de adução e no sistema de distribuição. Por conseguinte, será mais fácil para as EGs combaterem a ineficiência do sistema, pois é possível saber qual dos subsistemas apresenta mais perdas (Alegre *et al.*, 2005).

A redução das perdas de água no sistema de abastecimento acarreta dois grandes benefícios, ambiental e económico. O benefício ambiental que advém desta nova atitude consciente, ativa e preventiva, é o simples facto de estarmos a resguardar o nosso bem mais precioso, a Água.

Relativamente ao benefício económico, com o PNUEA em vigor, o uso eficiente da água nos setores urbano, agrícola e industrial melhorou de tal forma que se prevê um benefício

económico anual de cerca de 101 milhões de euros. Esta estimativa é justificada pelos seguintes pontos (Governo de Portugal e Agência Portuguesa do Ambiente, 2012):

1. Como já foi observado no ponto 2.3.3 as metas de redução de perdas por setor estabelecidas para 2020 são:
  - 40% para 20% no setor urbano;
  - 30% para 15% no setor industrial;
  - 40% para 35% no setor agrícola.
2. No período de 2005 a 2009, estima-se que os três setores tenham sofrido uma evolução positiva de:
  - 40% para 25% no setor urbano (Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e Águas Residuais 2009 (INSAAR));
  - 30% para 22,5% no setor industrial (previsão);
  - 40% para 37,5% no setor agrícola (previsão).
3. As estimativas relativamente ao uso da água em Portugal (PNA, versão preliminar) indicam os seguintes valores:
  - 528 hm<sup>3</sup>/ano, no setor urbano;
  - 291 hm<sup>3</sup>/ano no setor industrial;
  - 3 436 hm<sup>3</sup>/ano no setor agrícola.
4. A possibilidade das medidas do PNUEA dentro do prazo estabelecido poderem concretizar a resolução da percentagem de perdas ainda em falta relativamente ao objetivo inicial, ou seja:
  - Menos 5 pontos percentuais no uso urbano;
  - Menos 7,5 pontos percentuais no uso industrial;
  - Menos 2,5 pontos percentuais no uso agrícola.
5. Por último considera-se que o valor económico direto do benefício das perdas evitadas é o equivalente a:
  - 1,46 €/m<sup>3</sup> no caso do setor urbano
  - 0,73 €/m<sup>3</sup> no caso do setor industrial
  - 0,55 €/m<sup>3</sup> no caso do setor agrícola;

A figura 10 demonstra o benefício económico anual que a redução de perdas de água nos três setores de maior relevo económico podem trazer.

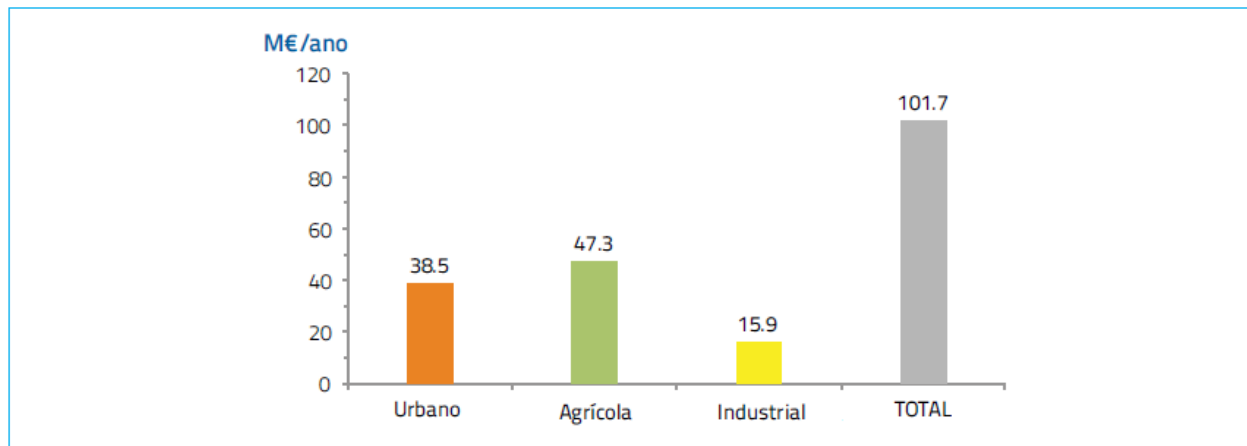


Fig. 10 - Benefício económico anual da redução de perdas de água (Governo de Portugal e Agência Portuguesa do Ambiente, 2012).

Atualmente, a redução de perdas deve-se muito à consciencialização proveniente do conhecimento adquirido sobre este fator tão negativo no uso eficiente da água.

Assim, as razões pelas quais as perdas de água se traduzem em tarifas mais elevadas a pagar pelos clientes e num desperdício de recursos são (Poças Martins, 1998):

- Redes velhas ou mal executadas;
- Falta de manutenção preventiva;
- Demora na deteção e reparação de ruturas;
- Utilização indevida de bocas-de-incêndio;
- Consumos não contabilizados;
- Mau funcionamento de contadores;
- Falta de eficácia nos sistemas de leitura e cobrança.

Deste modo, segundo as diferentes razões, as perdas de água dividem-se em perdas reais e perdas aparentes.

#### 2.4.1 Perdas reais

As perdas reais são representadas pela quantidade de volume de água correspondente às perdas físicas do sistema em pressão até ao contador do consumidor final, durante um período de referência. Normalmente o período de referência é de doze meses. O volume anual de perdas é estimado através de todos os tipos de fissuras e, relativamente a roturas e extravasamentos depende da frequência, do caudal e da duração média de cada fuga. Por outras palavras, as perdas reais podem ocorrer devido a perdas de base, perdas por fugas e roturas reportadas, ou ainda por fugas e volumes de extravasamentos em reservatórios. As perdas de base (figura 11)

são a consequência de pequenas fugas e, os equipamentos de detecção ainda não estão capacitados para detetar este tipo de fuga. Enquanto que as perdas de base caracterizam-se por caudais baixos, longa duração e grandes volumes, as perdas por fugas e roturas reportadas (figura 12) são regra geral caracterizadas por caudais elevados, curta duração e volumes moderados. Em relação às perdas por fugas, existem também aquelas cujas roturas são passíveis de identificação através de uma deteção ativa das mesmas. Estas perdas têm como característica caudais médios, mas em relação ao volume e duração, estas características dependem da política de controlo ativo de perdas estabelecida.

As seguintes figuras exemplificam os diferentes tipos de perdas reais.



Fig. 11 - Perda de base.



Fig. 12 - Perdas por fugas e roturas reportadas



Fig. 13 - Extravasamento de um reservatório.

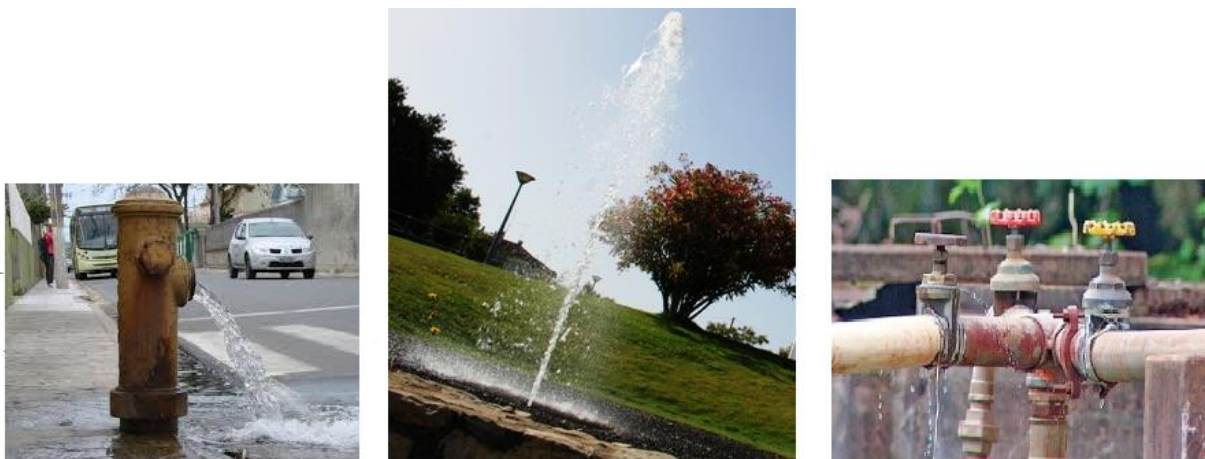


Fig. 14 - Exemplos de outros tipos de perdas de água.

Embora se verifiquem perdas físicas a jusante do contador do consumidor final, estas não são contabilizadas como perdas reais pois são da responsabilidade do consumidor, apesar da sua importância para a EG. Importância essa que ganha relevo caso não haja medição dessas perdas e estas não sejam alvo da implementação de medidas corretivas da EG (Alegre *et al.*, 2005).

Em prol de uma boa redução das perdas reais no sistema de abastecimento é necessário identificar e caracterizar os fatores que proporcionam este tipo de perdas de água. Para o controlo das perdas reais, é importante saber que estas dependem de um conjunto de fatores locais e que estes são fundamentais para a obtenção de resultados das diversas estratégias aplicadas. Os possíveis fatores dos quais poderão depender as perdas reais são (Alegre *et al.*, 2005):

- O estado das condutas, com que qualidade está o material das condutas e a frequência de fugas e roturas (figura 15);
- A pressão de serviço média, do sistema em pressão;
- A densidade e comprimento médio de ramais;



- A localização do medidor domiciliário no ramal;
- O comprimento total das condutas;
- O tipo de solo e as condições do terreno, relevantes sobretudo no modo como se torna aparente ou não a ocorrência de roturas e fugas;
- A percentagem de tempo em que o sistema está em pressão (nas regiões onde o abastecimento não é constante é um fator bastante relevante).



Fig. 15 - Conduto em mau estado (Poças Martins, *Seminário Gestão do Ciclo Urbano da Água: Que soluções para a sustentabilidade?*, 2012)

### Controlo e gestão das perdas reais

O conhecimento do sistema de abastecimento de água é fundamental para se saber responder às perguntas “como”, “onde” e “quando” ocorreram as perdas de água. Assim, para se responder a essas perguntas, é necessário a obtenção de dados sobre os caudais, pressões e os níveis de água nos reservatórios. Os sistemas de abastecimento evoluíram conforme as necessidades sociais, de modo que com o crescimento lento das zonas urbanas, os sistemas forma-se moldando com ampliações e reforços sucessivos.

Os sistemas de abastecimento têm de ser geridos com grande eficácia e eficiência, pois a EG está incumbida de uma grande responsabilidade, a de providenciar continuamente o consumidor de água potável em quantidade suficiente, pressão adequada e ao menor custo possível (Alegre *et al.*, 2005).

As EGs devem adquirir uma política de ação que vise a diminuição de recursos naturais, pois os resultados oriundos desta política repercutem-se a nível ambiental e económico.

Os recursos naturais como a água e a energia costumam ser as parcelas com maior percentagem dos custos de operação de um sistema de abastecimento. O custo da energia em conjunto com

os custos da água importada, no caso da água tratada ser comprada a outra EG, e os custos de funcionários constituem as parcelas com maior percentagem do custo total de toda operação de um sistema de abastecimento. O controlo ativo das perdas de água e a conservação de energia são deveras importante, não só para que o consumidor pague um preço razoável, mas também para que a operação seja eficiente e racional em termos ambientais e económicos. Assim, ao reduzir-se as perdas de água reduz-se o consumo de energia, pois um menor número de perdas implica um volume a bombear menor e, por conseguinte um menor consumo energético. Se a redução de perdas de água for consequência de uma redução de pressão na rede, e caso este facto esteja associado a uma diminuição das alturas manométricas, também neste caso se verifica uma conservação energética (Alegre *et al.*, 2005).

Existem também outras ações que independentemente do seu objetivo principal ser a minimização do consumo de energia, têm um efeito simbiótico na redução de perdas de água no sistema de abastecimento. As ações a adotar são (Alegre *et al.*, 2005):

- O layout do sistema deverá ser concebido para que este utilize a energia potencial estritamente necessária para a satisfação dos consumidores;
- A seleção do equipamento de elevação deve garantir a possibilidade de ajustamento da capacidade de bombeamento consoante as necessidades dos consumidores. A manutenção do equipamento deverá ocorrer sistematicamente (ação preventiva), de modo a que o seu rendimento seja assegurado;
- O recurso a módulos de cálculo destinados a otimizar o consumo de energia para os cenários mais equiparáveis à realidade da procura de água que o sistema de abastecimento terá de enfrentar.

A estratégia de gestão de perdas reais alicerça-se em quatro pilares, sendo eles a gestão da pressão na rede, o controlo ativo de perdas, a renovação e substituição das infraestruturas e a qualidade e rapidez das reparações de roturas. Num sistema de abastecimento, estes fatores têm grande influência na gestão de perdas de água, pois condicionam a sua ocorrência e o seu volume. Portanto, são estes fatores que determinam o valor económico e ambiental das perdas reais (Farley *et al.*, 2008).

A seguinte figura esquematiza uma estratégia bem-sucedida no controlo de perdas de água.

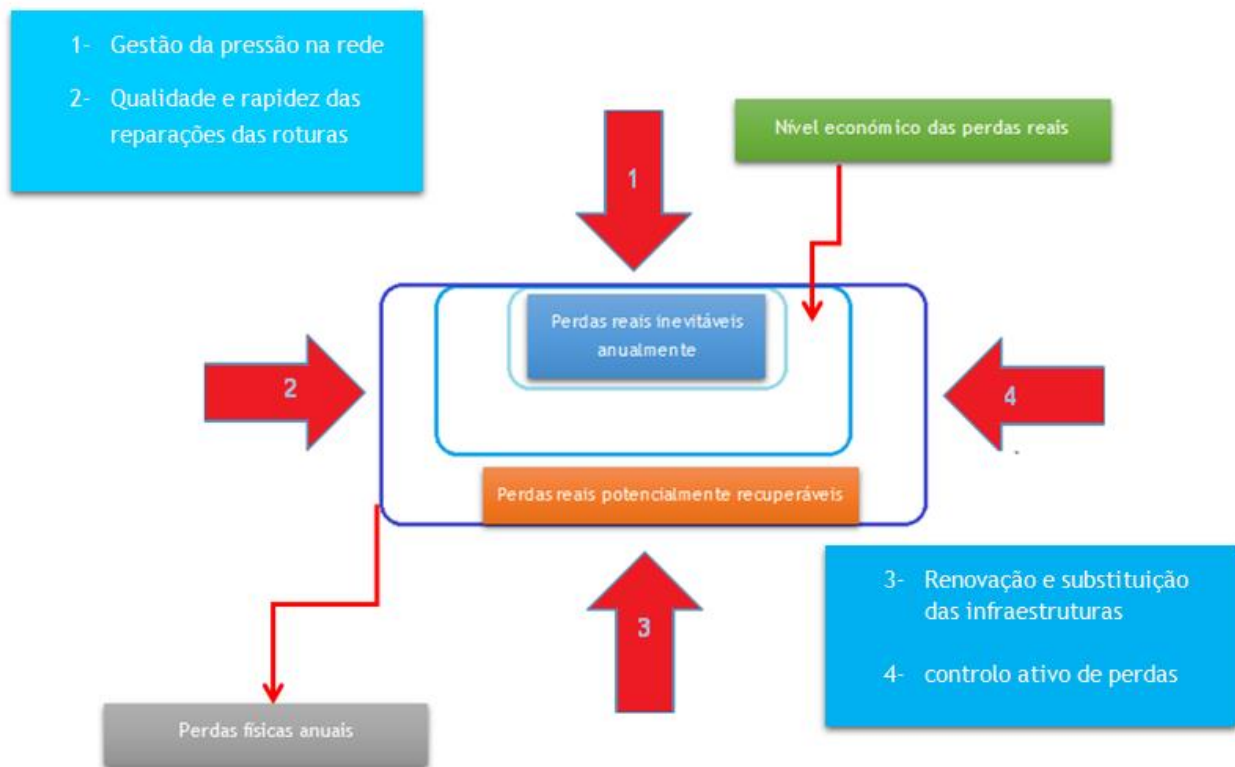


Fig. 16 - Estratégia de gestão de perdas reais (adaptado Farley et al., 2008).

### Gestão da pressão na rede

A gestão da pressão na rede é fundamental para a estratégia de gestão de um sistema de abastecimento. Verifica-se uma relação entre as perdas de água num sistema de abastecimento e a pressão na rede desse sistema. Desta forma, conforme o aumento ou a diminuição da pressão na rede, também aumenta ou diminui o volume de água perdida. Obviamente que esta relação não é assim tão linear, porém as EGs devem assumir como de uma relação linear se tratasse. Logo, 10% de pressão corresponde a 10% de perda de água, seja aumento ou diminuição. À variação de pressão também se associa a frequência de roturas, pois quanto maior for o nível de pressão em que se encontra o sistema, maior é a tendência para o surgimento de novas roturas (Farley et al., 2008).

### Qualidade e rapidez da reparação das condutas

É muito importante que assim que se detete um fuga nas condutas, esta seja o mais rápido possível reparada. O tempo em que a fuga está ativa (tempo de deteção mais tempo de reparação) afeta diretamente a percentagem de perdas reais num sistema de abastecimento. Deve-se ver esta questão de “qualidade e rapidez da reparação das condutas”, como se de um Fórmula Um se tratasse quando se dirige às Boxes. Se os mecânicos não demonstrarem um bom desempenho (rápido e eficaz), os custos associados podem ser bastante penosos. O mesmo se verifica num sistema de abastecimento, em que a qualidade da reparação tem efeito sobre o



reaparecimento da fuga, podendo se evitar consequentemente novos volumes de água perdida. Assim, para que o desempenho dos operadores seja em prol de uma boa estratégia de gestão, deve-se ter em consideração os seguintes pontos (Farley *et al.*, 2008):

- Plano de atuação já definido para se diminuir o intervalo de tempo entre a detecção da fuga e a reparação;
- Materiais e equipamentos de reparação sempre à disposição dos funcionários;
- A relação entre os departamentos (detecção e reparação) deve ser boa para a otimização do serviço prestado.

### **Renovação e reparação das infraestruturas**

A decisão que as EGs têm de tomar entre renovar, reparar ou até em alguns casos não optar por nenhuma das duas, é uma decisão estratégica no combate às perdas de água visando a diminuição das perdas ao menor custo possível. Trata-se portanto de uma decisão fundamentada na relação custo-benefício (Farley *et al.*, 2008).

Uma boa estratégia da gestão de perdas aplicada por uma EG tem obrigatoriamente de se debater sobre esta questão, para que se fique a saber até que valores é viável a renovação ou reparação das condutas. Um valor de perdas de água inferior a 10% é regra geral um valor antieconómico, ou seja, o custo que a EG paga para atingi-lo poderá ser superior ao custo da água perdida (Poças Martins, 1998).

### **Controlo ativo de perdas**

O controlo ativo de perdas é um investimento por parte da EG que tem como objetivo eliminar todas as perdas de água associadas a um sistema de abastecimento que não são passíveis de serem detetadas pelo público. As perdas oriundas de fugas não visíveis a “olho nu” são as que têm maior duração, o que implica por norma uma maior ineficiência do uso da água.

Desta forma, o controlo ativo de perdas é vital para a eficiência das políticas estabelecidas pela estratégia de gestão de perdas. Seguindo o conceito de “dividir e conquistar”, adotou-se uma nova metodologia no controlo de caudais. Refiro-me à medição zonada (figura 17), que é uma técnica de controlo de caudais, e de apoio ao controlo de perdas, que envolve a divisão criteriosa da rede de distribuição num conjunto de zonas discretas, de contornos fixos e rigorosamente identificados, cujas entradas e saídas de água são controladas, em campanhas temporárias periódicas ou permanentes de medição de caudais, de forma a obter-se informação detalhada sobre o balanço de caudais e o comportamento dos consumos. Esta monitorização de caudais por zonas denomina-se Zona de Medição e Controlo (ZMC). Portanto, antes desta técnica, descobrir onde era a fuga tornava-se numa ação muito pouco eficaz e que devido a essa ineficácia, os custos resultantes de uma fuga poderiam ser bastante dispendiosos a nível ambiental e económico. Agora, o operador pode analisar o caudal da rede por subdivisões,

tornado muito mais fácil a análise de dados e, consequentemente a localização da fuga determina-se muito mais rapidamente (Alegre *et al.*, 2005).

Assim, com qualidade e rapidez na reparação da conduta, a gestão por parte das EGs torna-se muito mais eficiente.

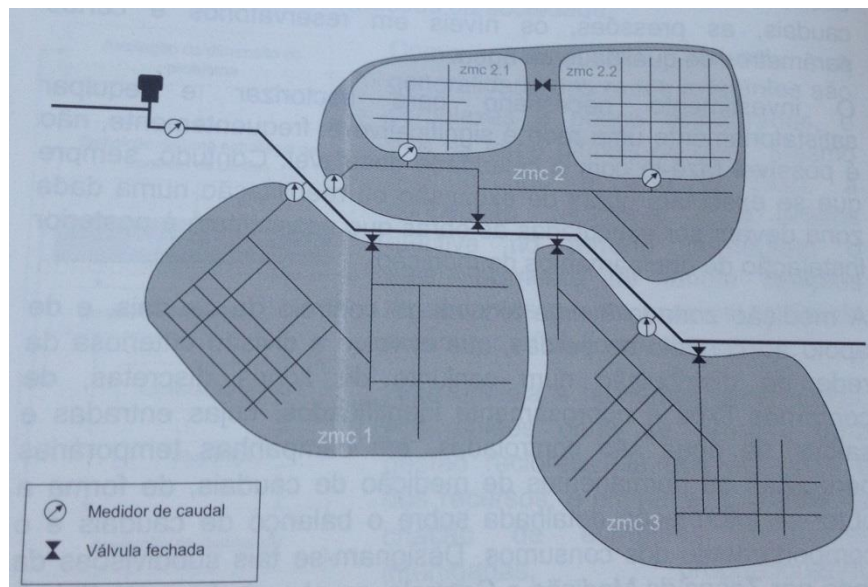


Fig. 17 - Sistema de mediação zonada com três ZMC (adaptado Alegre *et al.*, 2005).

Assim que se procede à instalação do sistema representado na figura 17, deve-se inicialmente realizar o levantamento das condições do local e posteriormente selecionar os pontos de mediação. Esta fase inicial é muito importante para um bom funcionamento do sistema, pois muitas vezes os cadastros contêm incorreções. Após o levantamento, a EG através de medidores de caudais identifica roturas e fugas nas condutas, facto que irá delimitar as diferentes zonas pelas quais o sistema é composto. De seguida e individualmente para cada ZMC reduz-se a possível área onde se situa a fuga, para no fim se marcar a posição (quase) exata da fuga no sistema de abastecimento de água (Farley *et al.*, 2008).

Todavia, este procedimento inicial implica uma projeção meticulosa e antecipada, caso contrário, à implementação deste sistema associam-se custos elevados. Deste modo, devem ser evitadas mudanças na linha de delimitação quando o trabalho de escavação já foi iniciado noutros pontos da mesma linha. Outros custos desnecessários devem-se a escavações em pontos que supostamente teriam fugas e que na realidade não tinham. De forma a evitar estes custos, são utilizados instrumentos acústicos que contribuem para um controlo ativo das perdas. Com o auxílio destes instrumentos tona-se possível detetar e localizar uma fuga, devido ao som da água a ser libertada pela conduta em pressão (Farley *et al.*, 2008), (Alegre *et al.*, 2005).

Embora sejam bastante úteis no controlo ativo de perdas, os operadores que utilizarem estes aparelhos têm de saber as suas funcionalidades com o objetivo de maximizarem o seu uso. Também é importante que seja bem conservado com uma manutenção adequada.

Alguns dos aparelhos estão dispostos nas seguintes figuras.



Fig. 18 - Loggers acústicos para pré-localização de fugas de água (Farley et al., 2008).



Fig. 19 - Loggers acústicos para pré-localização de fugas de água (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).



Fig. 20 - Sistema avançado de geofone e vareta de escuta direta em tubagens e válvulas (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).



Fig. 21 - Tubo de metal ou madeira que amplifica o ruído quando colocado sobre a conduta (Farley *et al.*, 2008).

#### 2.4.2 Perdas aparentes

As perdas aparentes resultam de todas as imprecisões que se possam associar às medições de água produzida e de água consumida. Esta parcela do balanço hídrico também contabiliza o consumo não autorizado. Deste modo, será necessário contabilizar todo o volume de água com ou sem tratamento prévio que é distribuído aos consumidores (água produzida) e o consumo de água por clientes registados e por clientes não registados (Alegre *et al.*, 2005).

As perdas aparentes dependem de dois grandes fatores (Alegre *et al.*, 2005):

- Consumos não autorizados;
- Erros de medição.

### Consumos não autorizados

O uso de ligações ilícitas tem como foco principal as áreas de construção clandestina e áreas de nível de segurança baixo. Várias ligações ilegais ocorrem quando o fornecimento de água é cortado devido à falta de pagamento à EG. A razão pode ser a falta de dinheiro para pagar o serviço de abastecimento ou não querer pagar para ser conectado novamente à rede (Farley *et al.*, 2008).

O consumo não autorizado de água também advém da utilização não autorizada de bocas-de-incêndio. Em certas localidades é frequente o abastecimento de tanques de veículos para rega ou lavagem de ruas. A utilização das bocas-de-incêndio deveria ser exclusiva para serviços de bombeiros. Todavia, os consumos ilícitos consequentes de ligações a dispositivos do sistema de abastecimento que só deveriam ser utilizadas em caso de emergência não se dão apenas na rua. No interior dos edifícios o sistema de defesa contra incêndio não dispõe de contador (na generalidade dos casos), de forma a evitar a ocorrência de perdas de carga localizadas. Portanto, a utilização não autorizada de dispositivos dos sistemas contra incêndio tem um peso considerável na percentagem de consumo de água não autorizado num sistema de abastecimento (Alegre *et al.*, 2005).

Há clientes, que para reduzir a sua conta de água utilizam um “bypass”, ou seja, colocam um tubo paralelo ao do contador para que o volume de água a passar pelo contador seja bem menor à quantidade que passa no “bypass”. Desta forma, o valor que o cliente paga é bem menor comparado com o que devia pagar. Assim, a EG através de uma análise de balanço de caudais na rede de distribuição, verificará uma enorme discrepância entre os valores registados pelo contador e pela água que realmente dá entrada no sistema. Tal facto também poderá dever-se a eventuais fugas nas condutas, de modo que a EG deverá averiguar primeiro qual a causa do “desaparecimento” da água (Farley *et al.*, 2008).

Por vezes, há clientes que não estão legais pensando que estão. Caso se façam novas ligações à rede de abastecimento, estas têm de ser notificadas à EG. Caso contrário, o departamento financeiro continuará a enviar as contas da água para as ligações cadastradas, enquanto que as novas ligações não receberão qualquer tipo de conta. Os “supostos clientes” só são detetados quando um funcionário da EG está a registar os consumos de água e depara-se com o facto de o contador que está a ler não pertencer ao cadastro da ligação registado pela empresa. Então, para que se evite este tipo de perda de água, a EG deve proceder a uma recolha de informação de todas as propriedades existentes em cada ZMC, estando essas propriedades cadastradas ou não no sistema informático (Farley *et al.*, 2008).

Assim, a EG estará a aplicar uma metodologia que visa terminar com eventuais consumos não autorizados que ainda não foram identificados.

A informação que este levantamento aplicado pela EG deve conter é a seguinte (Farley *et al.*, 2008):

- Morada;
- Nome do proprietário;
- Fabricante e número de série do contador;
- Verificação do caudal registado pelo contador.

### Erros de medição

Os erros que se verificam num sistema de abastecimento de água que favorecem o volume de perdas aparentes são (Alegre *et al.*, 2005):

- Erros de medição dos contadores em condições normais de medição;
- Erros de medição por deficiente dimensionamento ou instalação;
- Erros de leitura de registo;
- Erros de medição por avaria;
- Leituras em falta por dificuldades de acesso aos contadores.

Os três primeiros erros dependem da EG, ou seja, a causa destes erros não se deve a fatores contextuais relevantes, mas sim à forma de como é gerido o sistema de abastecimento. Relativamente aos erros por avaria, estes podem ocorrer de forma casual ou por manipulação do equipamento. Portanto, apesar da adversidade que se possa evidenciar em relação à atuação da EG, esta deve agir com eficácia para reduzir a frequência deste erro e descobrir a razão pela qual acontece. A EG através de medidas de incentivo e de sensibilização dos consumidores pode reduzir erros de subcontagem, ou seja, o consumidor sentir-se-á como parte integrante do sistema, pois desempenhará um papel de agente ativo. Este “novo papel” do cliente é importante para reduzir erros de medição elevados provocados por reservatórios domiciliários que amortecem o diagrama de consumo e fazem com que o caudal que passa no contador seja muito baixo, ou por fugas dentro das habitações, a que correspondem consumos expressivos mas constantes no tempo, com caudais instantâneos baixos, suscetíveis de subcontagem. As perdas físicas a jusante do contador do cliente podem contribuir significativamente para o aumento das perdas aparentes (Alegre *et al.*, 2005).

É importante que a EG e consumidores remem para o mesmo lado, para que a obtenção de níveis de excelência ambiental e económica não seja um obstáculo, mas sim um objetivo de todos.

A EG ao proceder à instigação de autoleitura pode reduzir as perdas aparentes relativas a leituras em falta por dificuldades de acesso aos contadores, visto que estes se situam no interior

das habitações. Com mais dificuldade, também se podem combinar horários de leitura com os clientes, todavia a solução futura será a telemediação domiciliária a preços competitivos.

### 2.4.3 Telemetria

De entre todas as tecnologias, a telemetria é um dos sistemas mais sofisticados de recolha de dados de uma rede de abastecimento de água. Desta forma, a sua implementação também é a que implica um maior investimento inicial. Todavia, este novo sistema possibilitará às EGs percorrerem um caminho com vista à sustentabilidade do serviço de abastecimento de água, isto é, este novo sistema melhora a capacidade de deteção de roturas sendo possível atuar mais prontamente, e, de uma forma mais ampla em termos de questões de serviço da rede, possibilita o armazenamento e a gestão de modo automatizado de uma grande quantidade de informação sobre o comportamento dos caudais proporcionando uma gestão da água mais eficiente, que por sua vez leva à otimização dos serviços prestados ao consumidor final e à conservação da água (Alegre *et al.*, 2005).

Devido aos custos associados à telemetria, muito poucas entidades gestoras, mesmo até a nível mundial, que aplicam esta tecnologia para efeitos de medição zonada, limitam-se normalmente a equipar só os medidores mais importantes. No entanto, no Reino Unido há exemplos de esquemas de medição zonada com cobertura completa do território por telemetria. Assim, com a adversidade monetária que advém da implementação desta tecnologia ao longo da rede de abastecimento, surgem opções para o caso da medição zonada como a telemetria sem fios, via rádio ou GSM (Sistema Global para Comunicações Móveis).

As vantagens associadas à telemetria são (Alegre *et al.*, 2005):

- Permite a obtenção de informação em tempo real sobre fugas de água em redes públicas ou instalações prediais e sobre possíveis adulterações em contadores, devido à facilidade de acionar mecanismos de alarme (caudais de alarme com definição da data e hora da ocorrência) e de informação imediata, com a inerente rapidez de resposta e, por conseguinte uma maior poupança de água. Através de datas fixas de leitura é possível calcular o consumo da rede de abastecimento de água e identificar as áreas críticas onde atuar, e assim reduzir as perdas de água;
- O processo de recolha de dados é automatizado, necessitando de pouca manutenção e poucos gastos com pessoal de campo. Por exemplo, a leitura do caudal instantâneo que é bastante útil para o estudo de diversas situações com clientes, e que antes da existência da telemetria só os data-loggers é que conseguiam registar esses dados.
- A informação é manuseada e processada com mais facilidade, permitindo a redução de gastos de pessoal técnico;

- Como a qualidade e quantidade da informação recolhida é elevada, as tomadas de decisão são mais fundamentadas e consequentemente mais assertivas, permitindo assim controlo mais eficaz das perdas de água;
- Redução da faturação por estimativa. Com a possibilidade de realizar leituras mensais reais, já não existe a necessidade de se estimarem leituras e respetivas faturas;
- Identificação do perfil de consumo horário do cliente. Permite uma melhor gestão do consumo e da distribuição de água. Assim é possível compreender as necessidades reais de cada cliente e identificar anomalias;
- Detecção de contador não funcional baseada numa parametrização prévia que pode ser personalizada em função do cliente. Deste modo, a EG pode rapidamente substituir os contadores que não estão a trabalhar corretamente.

Verifica-se então, no caso de EGs de pequena dimensão, que para sistemas de adução e de distribuição, a telemetria ainda é uma tecnologia não viável, pois apesar de existirem vantagens económicas no caso das ZMC, estas não são suficientes para amenizar o alto investimento (instalação e operação de equipamento) que é necessário efetuar para introduzir esta tecnologia nestes sistemas. Porém, o uso desta tecnologia numa ZMC é considerada como uma ferramenta quase indispensável para a correta gestão técnica (Alegre *et al.*, 2005).

De uma forma simplificada um Sistema de Telemetria Domiciliária tem a seguinte estrutura (Altino Álvares *et al.*, 2007)

1. **Unidade Local** - É composta pelo contador mecânico, emissor de impulsos, módulo de comunicação remota e contador eletrónico. Dedicada à leitura, registo e transmissão de dados;
2. **Concentrador** - É uma unidade intermédia, designada por concentrador, com o propósito de receber as leituras de um conjunto de contadores, armazenando-as e transmitindo-as para a unidade remota de recolha e processamento de dados;
3. **Sistema de comunicações** - É um sistema bipartido, em que a primeira parte faz a comunicação entre a unidade local e o concentrador, e a segunda parte estabelece a comunicação entre o concentrador e a unidade de recolha e processamento de dados, com a possibilidade de utilizar múltiplas redes de comunicação;
4. **Unidade remota** - É uma unidade remota para a recolha e processamento de dados de consumo, que pode ser integrada no sistema de faturação e de gestão de clientes da EG.



A figura 22 exemplifica uma possível estrutura de um Sistema de Telemetria Domiciliária.

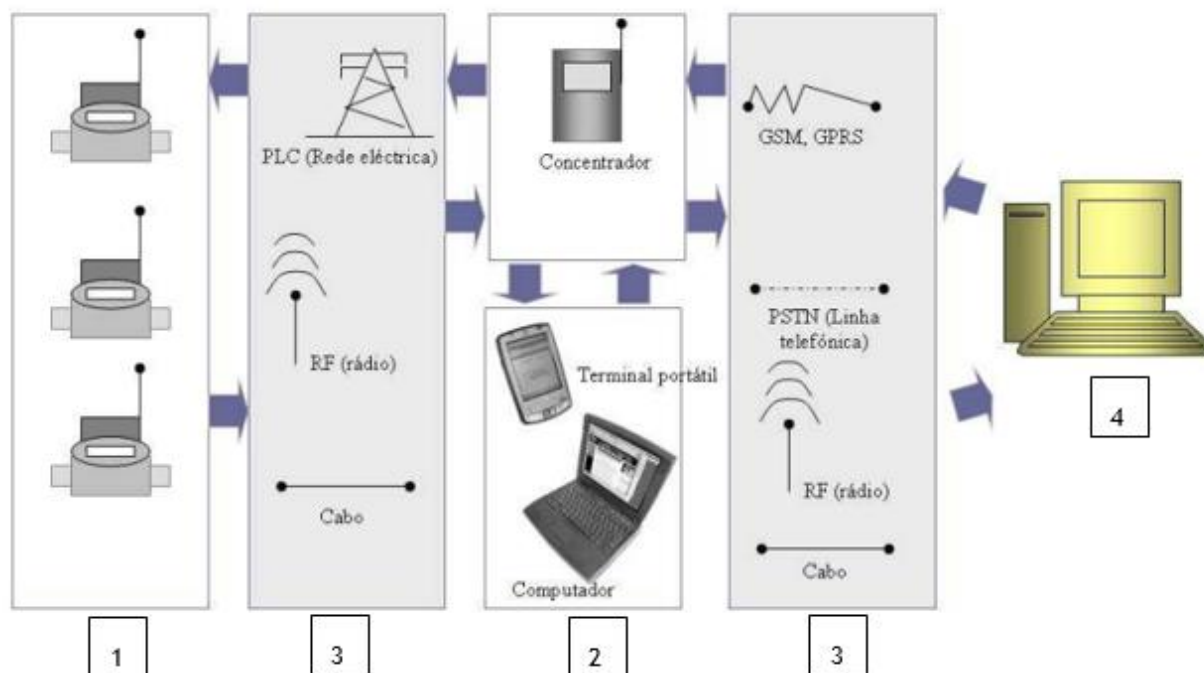


Fig. 22 - Estrutura de um Sistema de Telemetria Domiciliária (adaptado Altino Álvares et al., 2007).

#### 2.4.4 Telegestão

Em seguimento do sistema de Telemetria, conceito anteriormente abordado, surge a Telegestão. Com a aquisição de dados de uma rede de abastecimento de água por Telemetria e com o auxílio das tecnologias de computação e comunicação, o sistema Telegestão pode controlar todos os processos de produção de água para consumo humano. Poderá então afirmar-se que a Telegestão é a evolução tecnológica da Telemetria.

No Centro de Comando da EG onde se encontra o pessoal técnico, passa a ser possível em tempo útil a conciliação entre a EG e o cliente, o que viabiliza uma gestão eficaz e em tempo real. Com a recolha de dados nas instalações geograficamente dispersas, toda a informação (análises, gráficos, relatórios e registo em histórico) está à disposição dos técnicos permitindo-lhes assim a tomada de decisões operacionais em consenso com o estado atual do sistema. Por norma, a EG dispõem de dois Centros de Comando devido às especificidades próprias de acordo com sua localização, ou seja, um Centro de Comando para as operações de produção de água (captação, tratamento e armazenamento), e outro para as operações de distribuição da água na rede pública até ao consumidor final. Nas Águas e Parque Biológico de Gaia, controlam-se todas as operações do sistema de abastecimento (distribuição da água na rede pública até ao consumidor final) num único Centro de Comando, no gabinete de Direção de Águas de Abastecimento, facto que contribui para uma gestão eficaz e sustentável.

Um sistema de Telegestão proporciona então, a fusão dos Centros de Comando, centralizando num Centro de Comando todas as operações das várias etapas de um sistema de abastecimento de água (captação, tratamento, transporte e distribuição em alta e em baixa) (Grupo ÁGUAS de PORTUGAL- EPAL, 2014).

A seguinte figura representa o “Centro de Comando” nas instalações da Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, S.A..



Fig. 23 - CPU e monitor do sistema de telegestão (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).

Este sistema tecnologicamente avançado está estruturado em três níveis: decisão, comunicação e aquisição/controlo. À estrutura da Telegestão implementa-se uma série de equipamentos dotados de processamento autónomo que realizam a aquisição das variáveis controladas e garantem a vigilância e segurança das instalações através de uma constante comparação entre os valores de referência e as variáveis físicas e químicas reais. Assim, quando se atingem valores críticos, correções em modo automático incidem sobre a modificação do estado e/ou posição dos órgãos finais (Grupo ÁGUAS de PORTUGAL- EPAL, 2014).

A Telegestão é uma ferramenta essencial para controlo das perdas de água na rede, pois com as suas várias aplicações informáticas (figura 24) obtêm-se informações bastante importantes para que a EG desempenhe uma gestão sustentável do ciclo da água.

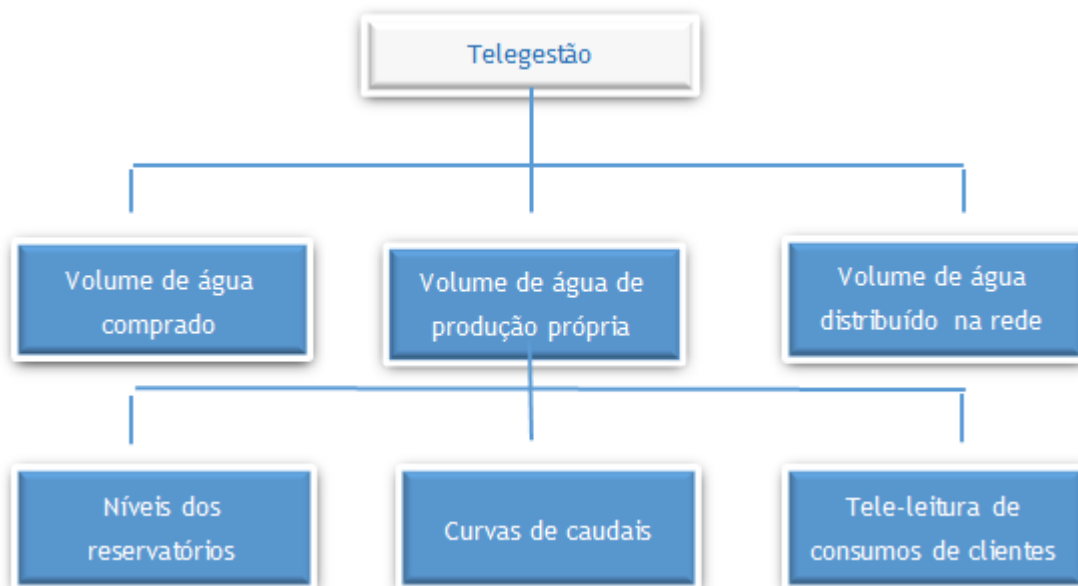


Fig. 24 - Exemplos de Informação passível de ser recolhida por Telegestão (Alegre et al., 2005).

A imagem 25 é o exemplo de como um sistema de telegestão representa um auxílio importante no controlo da rede de abastecimento. A partir da imagem é possível visualizar o mapa de toda a rede de abastecimento de Gaia.



Fig. 25 - Sistema Informático de Telegestão (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014)

As seguintes figuras (26 e 27), demonstram exemplos das várias informações que se podem obter com um sistema de telegestão implementado na rede de abastecimento.

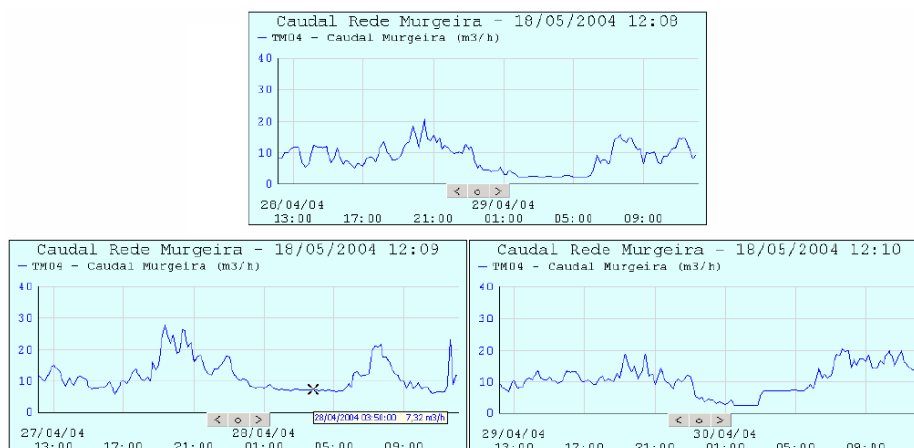


Fig. 26 - Registro normal com fuga e registro após reparação de fuga através do sistema de Telegestão (adaptado Alegre et al., 2005).

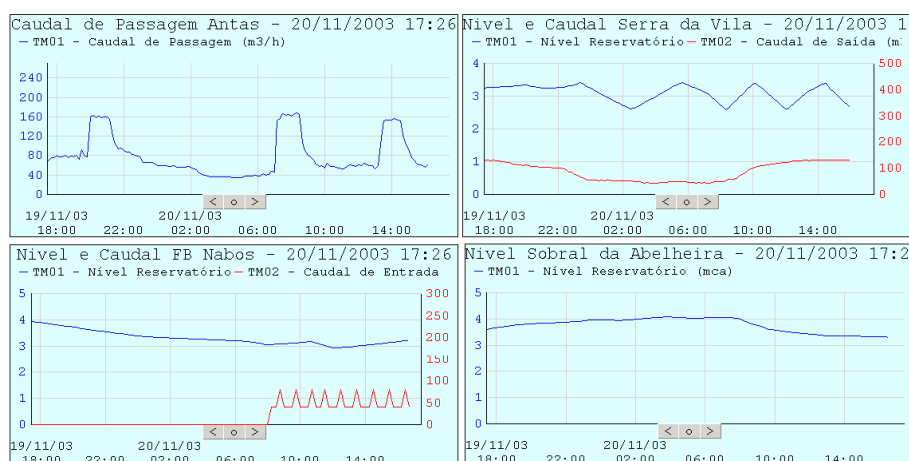


Fig. 27 - Controle de níveis e caudais através do sistema de Telegestão (adaptado Alegre et al., 2005).

## 2.4.5 As várias dimensões das perdas em sistemas de abastecimento de água

### Dimensão Económico-financeira

A dimensão económico-financeira que as perdas de água tomam num sistema de abastecimento não é facilmente especulada, pois as entidades gestoras não detêm dados com por cento fiáveis sobre o volume anual de água que entra no sistema e, por vezes, também desconhecem com precisão o volume de água fornecido aos consumidores (Alegre et al., 2005).

Embora as perdas de água sejam consequência da água que não é faturada nem consumida para usos autorizados, esta parcela do balanço hídrico é na mesma captada, tratada e transportada em infraestruturas de elevado valor patrimonial, acarretando deste modo custos (operação e manutenção) bastante significativos. Como os dados relativos às perdas de água que as EGs dispõem não têm grande exatidão, as perdas de água são por norma consideradas como perdas de faturação que tendem a ser subestimadas. Porém, hoje em dia, devido aos custos elevados resultantes das boas condições no tratamento, transporte e na distribuição da água, a noção

económico-financeira das perdas de água ganhou outra dimensão. Deste modo, é necessário reaver esse investimento o mais rápido possível, sendo que a racionalização dos gastos é uma prioridade máxima a ser seguida pelas EGs, e esta passa inevitavelmente pelo domínio do controlo ativo das perdas. O que também deu ênfase a esta “nova” consciencialização da necessidade de aplicar um controlo ativo de perdas num sistema de abastecimento, é o facto de que antigamente eram utilizadas captações próprias, sem lugar a pagamentos pelo volume de água captada, e que o tratamento se limitava a uma simples desinfeção por cloragem, de modo que a dimensão económico-financeira não era tão expressiva como é hoje, e por conseguinte as EGs não estavam cientes da necessidade de controlar as perdas de água. Por último, a dimensão económico-financeira ganha ainda mais importância quando várias EGs de sistemas de distribuição passaram a adquirir água a Entidades Produtoras (Alegre *et al.*, 2005).

Em 2005, a procura de água para o sector urbano rondava os 570 milhões de m<sup>3</sup>/ano. Esta procura tinha um custo para a sociedade de 875 milhões de euros e correspondia a 0,77% do Produto Interno Bruto português. Neste panorama, as perdas estimavam-se em cerca de 240 milhões de m<sup>3</sup>/ano, sendo os custos estimados de 370 milhões de euros (Alegre *et al.*, 2005). Deste modo, foi necessário combater esta ineficiência do uso da água, que implicava uma procura supérflua da água pela sociedade que se traduzia em custos elevadíssimos em termos ambientais e económicos (facto abordado em 2.3.3). Assim, para que esses custos elevadíssimos não se repercutissem, em 2009 a procura total de água foi aproximadamente de 323 milhões de m<sup>3</sup>/ano, reduzindo-se à volta de 37% em relação a 2005 (Governo de Portugal e Agência Portuguesa do Ambiente, 2012).

Contudo, as taxas de perdas de água em Portugal ainda são elevadas, atingindo em alguns casos os 50%, enquanto que em países como a Holanda, Alemanha e Estados Unidos da América esta é cerca de 15%.

### **Dimensão Técnica**

Com o 25 de abril de 1974, instaura-se uma reformulação estadual a todos os níveis. Deste modo, verifica-se um gigante aumento do comprimento da rede de distribuição de água no último quartel do século XX. Porém, o processo de financiamento visou uma construção em quantidade e não tanto em qualidade. Obviamente que é inevitável a existência de algumas fugas, mas devido a este conceito de construção, a degradação antecipada das infraestruturas devido à falta de qualidade e também de manutenção e reparação, fez com que hoje em dia, nestas redes estabilizadas em termos de idade, a taxa de roturas apresentassem valores 500% e 1000% superiores à média europeia ou norte-americana. Agravando este facto, também se verifica que nas redes construídas mais recentemente os valores de roturas são equivalentes ou até superiores, sendo que seria expectável taxas de roturas inferiores à média europeia e norte-americana (Alegre *et al.*, 2005).

Portanto, é fundamental que a dimensão técnica das perdas de água em Portugal ganhe um novo estatuto e seja alvo de mais atenção, para que exista uma rede de distribuição de água bem construída e bem mantida, de forma a diminuir consideravelmente o volume nacional de perdas de água.

### **Dimensão Ambiental e de Saúde Pública**

No PEAASAR II, o objetivo estratégico 3 abrange a proteção dos valores ambientais e de saúde pública, e tem os seguintes princípios (Comissão de acompanhamento (CdA) criada pelo despacho nº 9304/2013, de 02 de julho, 2014):

- Cumprimento dos objetivos decorrentes do normativo nacional e comunitário;
- Implementação dos princípios subjacentes à estratégia nacional e comunitária para o desenvolvimento sustentável;
- Reforço dos mecanismos de regulação, controlo e penalização.

Quando a DQA foi inserida na legislação nacional como a Lei da Água, a política de ação da água passou a ser comunitária e, deste modo passou a estar estabelecido que Portugal teria de cumprir com prazos de execução para um conjunto de disposições, nomeadamente para o cumprimento do objetivo ambiental de atingir o estado ecológico bom e/ou o estado químico bom, o mais tardar até 2015 em todas as massas de água.

Agregando a estas metas estabelecidas, com a Lei da Água também aumentaram as restrições para a construção de novas captações, deixando de ser permitido o reforço de captações existentes ou a construção a jusante de novas captações caso os níveis de perdas sejam elevados. Então, passou a ser fulcral para a EG saber a quantidade do volume de água que dá entrada no sistema e que é perdida por fugas ou extravasamentos (Alegre *et al.*, 2005).

Relativamente à dimensão de saúde pública, esta não se revê no conceito de valor antieconómico (ponto 2.4.1, renovação e reparação das infraestruturas). Segundo este conceito, o custo que a EG paga para atingir um valor de perda de água inferior a 10%, poderá ser superior ao custo da água perdida. Desta forma, mesmo que o valor económico de água perdida não compense o investimento, a dimensão de saúde pública nunca pode deixar de ser considerada, visto que os pontos onde existem fugas são potenciais fontes de contaminação de água fornecida aos consumidores (Alegre *et al.*, 2005).

### **Dimensão Social**

Como já foi referido anteriormente, ao se considerar a água como um produto, nas fases de transporte e distribuição, dificilmente haverá outro setor económico que perca valores tão expressivos do produto produzido. Por conseguinte, devido a esta dimensão que as perdas de água atingem, estas serão os fatores de ineficiência das EGs para os quais a sociedade está mais

consciente e sensível. Esta atitude consciente e sensível por parte da sociedade deve-se ao facto de uma nova realidade de qualidade e de quantidade de água. Em relação à qualidade, verifica-se cada vez mais um cliente exigente e essa exigência acarreta evidentemente aumentos tarifários, enquanto que em relação à quantidade/volume de água, segundo o artigo 9º da DQA, a tarifa terá de refletir os custos reais da água, o que por sua vez implicará custos elevados em certos locais do país o que não se verificava até à data (Alegre *et al.*, 2005).

Infelizmente, por muito que uma EG motive o cidadão a desempenhar um papel de agente ativo no processo de controlo de perdas, através de iniciativas que dão a conhecer o impacto ambiental, económico e social que as perdas provocam, por norma, o cidadão só começa a ter alguma iniciativa quando esse mesmo impacto é traduzido na conta da água.

## 2.5 Nível Económico de Perdas

Como já foi dito anteriormente, a Água é um bem precioso e deste modo o seu uso tem de ser o mais eficiente possível. A qualidade e a quantidade de água que chega aos consumidores tem um custo associado, custo esse que é oriundo de um negócio contemporâneo, o Negócio da Água. Hoje em dia, as EGs não têm alternativa em servir as populações sem que estas paguem um preço que possibilite que as mesmas possam continuar a abastecer as populações em qualidade e quantidade.

Então, as EGs deparam-se perante um dilema de até que ponto deverão investir para reduzir as perdas de água sem que as medidas de redução impliquem custos mais elevados que o próprio valor de água perdida. A resposta é dada pelo Nível Económico de Perdas (NEP).

O controlo ativo das perdas é definido segundo uma estratégia, e como tal define-se como e onde se deve atuar. Portanto, uma EG atuará segundo esta estratégia mas nunca se dissociando da questão monetária, e como tal, é necessário calcular o NEP. O NEP é a situação em que o custo associado à de redução de perdas numa unidade de volume de água é igual ao custo de produção dessa unidade de volume. Ou seja, todas as operações resultantes das operações de um SAA a nível económico resultariam na mais baixa conjugação possível entre o custo das medidas de redução de perdas e o preço da água desperdiçada (Alegre *et al.*, 2005).

O NEP só ocorrerá caso se esteja perante o nível económico de perdas reais e o nível económico de perdas aparentes, pois as medidas de redução e os custos associados a perdas reais são diferentes das perdas aparentes, isto é, as medidas de redução e os custos associados não são iguais para fugas nos reservatórios e/ou adutoras como para erros de medição (Alegre *et al.*, 2005).

Por conseguinte, a EG deverá proceder a uma avaliação dos custos e benefícios das medidas de redução de perdas no sistema de abastecimento. Com esta avaliação, irá definir uma estratégia delineada por objetivos e prioridades de forma a atingir o tão desejado NEP.

A figura 28 demonstra como é que o NEP é determinado. As duas componentes que se devem determinar são o custo da água perdida e o custo da gestão da água não faturada (Malcolm Farley, 2008).

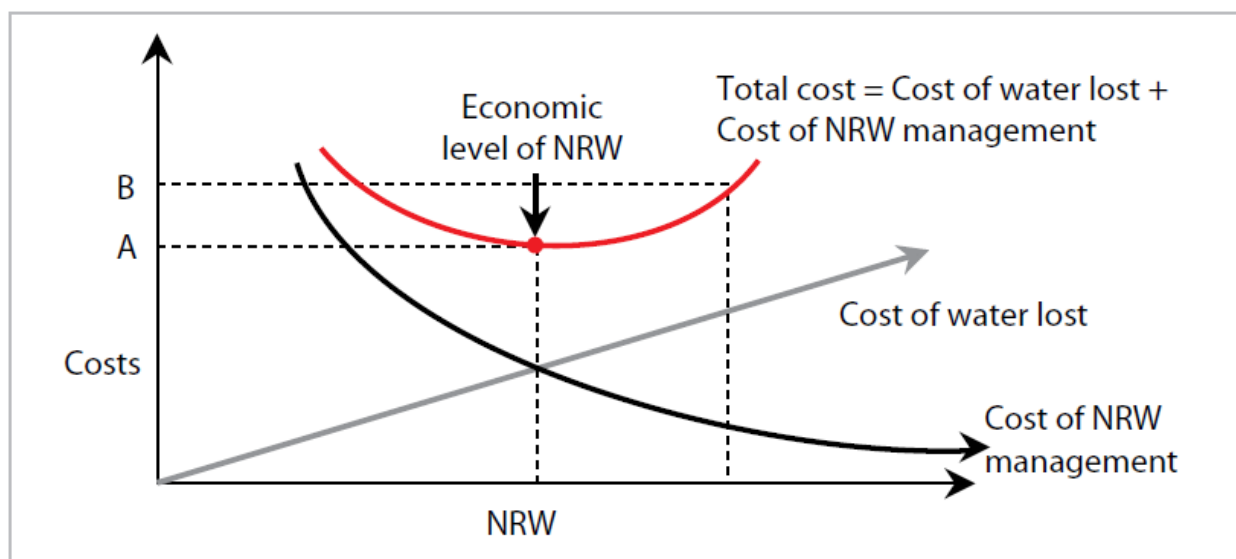


Fig. 28 - Nível Económico de Perdas (Malcolm Farley, 2008).

Na Figura 28, a interseção das duas linhas de componentes (custo da água perdida e custo da gestão da água não faturada) coincide com o mínimo custo total (custo A), sendo esta interseção o NEP.

Com o aumento da água não faturada (NRW), passado o nível económico, o custo da gestão de água não faturada diminui, contudo o custo total (custo B) aumentará. Da mesma forma, a redução de água não faturada para valores inferiores ao NEP implicará custos mais elevados do que as potenciais poupanças (Malcolm Farley, 2008).



## 3 Âmbito e objetivos

### 3.1 Âmbito

A pesquisa bibliográfica realizada no ponto anterior permite constatar o impacto económico-ambiental que as perdas de água têm na gestão de um SAA. Para uma gestão sustentável por parte das EGs, é fundamental saber onde e como atuar relativamente às perdas de água. Deste modo, serão avaliadas as medidas passíveis de serem implementadas para a redução das perdas de água segundo uma relação de custo-benefício.

Na gestão de um SAA por muitos esforços que sejam feitos, as perdas de água resultantes de fugas e/ou roturas na rede de abastecimento estarão sempre presentes. Todavia, a partir de um controlo e monitorização constante, resultante de uma medição zonada, esta parcela significativa do balanço hídrico pode ser reduzida.

As perdas de água podem não ser só físicas, podem também ser resultado de consumos não autorizados e erros de medição. Ao longo da dissertação, os resultados obtidos na implementação de medidas de redução dos erros de medição, permitem constatar segundo uma relação de custo-benefício, que esta pequena percentagem de ANF tem um peso relevante e que se for um alvo de atuação prioritário de combate às perdas por parte das EGs, estas poderão poupar anualmente milhares de euros e milhares de metros cúbicos.

A dissertação foi desenvolvida em ambiente empresarial, na empresa municipal Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, S.A. Por conseguinte, a dissertação é encarecida de resultados compatíveis com a realidade, possibilitando assim a obtenção de conclusões factuais sobre a realidade do setor de abastecimento de água.

### 3.2 Objetivos

A dissertação exposta tem como objetivo a avaliação dos custos e benefícios da implementação de medidas de redução de perdas água num SAA.

Para que o principal objetivo fosse alcançado, foram traçados os seguintes objetivos complementares:

- Análise do Balanço Hídrico do sistema de abastecimento da EG;
- Análise da ANF pela EG;
- Determinação dos benefícios que advêm da implementação das ZMC;
- Contribuição do sistema de telegestão no combate às perdas reais e aparentes;
- Análise de custo-benefício da substituição do parque de contadores dos grandes clientes (consumos superiores a 500 m<sup>3</sup>/mês por contadores eletromagnéticos;

- Análise de custo-benefício da substituição do parque de contadores dos clientes com consumos domésticos por contadores com um erro de leitura menor, visando a Portaria n.º 21/2007, que impõe a verificação do parque de contadores num intervalo de tempo máximo de 12 anos;
- Análise de custo-benefício da substituição do parque de contadores segundo o conceito de Intervalo de medição, ou seja, segundo a amplitude de funcionamento de um contador;
- Análise do Balanço Hídrico do sistema de abastecimento da EG com as medidas implementadas;
- Análise da ANF pela EG com as medidas implementadas;
- Avaliação das estratégias implementadas

## 4 Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia

### 4.1 Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, SA

A 1 de Janeiro de 2011, dá-se a fusão entre as empresas municipais Águas de Gaia e Parque Biológico de Gaia. Antes desta fusão, os serviços de abastecimento e saneamento de água no Município de Gaia eram realizados pela empresa municipal Águas de Gaia. A empresa foi fundada em 1998, ao abrigo da Lei nº 58/98, de 18 de Agosto, e veio substituir até então os Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Gaia (SMAS Gaia) (Águas de Gaia e Parque Biológico de Gaia).

A Empresa Municipal Águas de Gaia realizou um trabalho notável, ao qual a Empresa Municipal Águas e Parque Biológico de Gaia deu continuidade, visto que se verifica um decréscimo notável a nível de ANF, passando-se de aproximadamente 47% (1998) para 29% (2013). Neste último ano, as perdas reais representam cerca de 15% do volume total de água que entra no sistema e as perdas aparentes cerca de 5%. Este crescimento a nível de faturação proveniente de um uso mais eficiente da água por parte da EG leva a um nível de satisfação elevado por parte dos clientes, pois quanto menos água a EG perder menos pagarão os clientes.

A rede distribuição do SAA estende-se à volta de 1 500 Km, é composta por 32 reservatórios e abastece aproximadamente 130 000 clientes que no final de 2013 consumiram cerca de 14 688 318 metros cúbicos de água.

A figura seguinte representa a rede de distribuição de água no Município de Vila Nova de Gaia.



Fig. 29 – Mapa da rede de distribuição de água no Município de Vila Nova de Gaia (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).

## 4.2 Balanço Hídrico

Devido à ambiguidade da terminologia utilizada por diversas EGs dentro do país, ou até internacionalmente, qualquer análise relativa a perdas de água por parte da empresa municipal Águas e Parque Biológico de Gaia é de acordo com as definições e fórmulas de cálculo estabelecidos pela International Water Association (IWA).

Na tabela 6 está representado o Balanço Hídrico da EG referente ao ano de 2013.

Tabela 6 - Balanço Hídrico de 2013 (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).

Volume entrado no sistema 18.396.207 (m3/ano)	Consumo Autorizado 14.688.318 79,8%	Consumo autorizado faturado 13.082.068 71,1%	Consumo faturado medido 7.487.399	Água Faturada 13.082.068 71,1%
			Consumo faturado não medido 5.594.669	
		Consumo autorizado, não faturado 1.606.250 8,7%	Consumo não Faturado, medido	Água Não Faturada 5.314.139 28,9%
			Consumo não Faturado, não medido 1.606.250 8,7%	
	Perdas de água 3.707.889 20,2%	Perdas aparentes 915.503 5,0%	Consumo não autorizado 138.840 0,8%	
			Erros de medição 776.663 4,2%	
		Perdas reais 2.792.386 15,2%	Fugas nos reservatórios/ Adutoras 176.266 0,96%	
			Fugas nas Redes 610.775 3,3%	
			Fugas nas Ligações 1.784.422 9,7%	
			Roturas 220.923 1,2%	

No SAA de água entram 18 396 207 metros cúbicos de água. Deste volume a EG fatura 71,1%, o que corresponde a 13 082 068 metros cúbicos de água. Relativamente à ANF, esta corresponde a cerca de 28,9%, equivalente a 5 314 139 metros cúbicos.

Estes e todos os próximos valores monetários foram calculados segundo parâmetros indicativos, de modo a haver termo de comparação com a realidade da EG.

### 4.3 Água Não Faturada

Na figura 30 observa-se como é que o volume de água entrado no SAA se divide em termos de faturação.

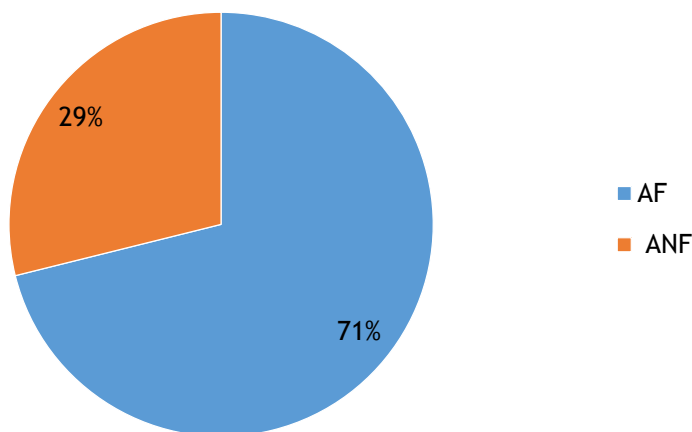


Fig. 30 - Volume de água entrado no SAA (*Águas e Parque Biológico de Gaia 2014*)

Dos 18 396 207 metros cúbicos de água do volume entrado no sistema (VES) aproximadamente 20% deve-se às perdas de água. Esta percentagem é a principal componente da ANF correspondendo a cerca de 70% desta. Verifica-se então, o peso enorme (económico e ambiental) que as perdas de água têm num SAA.

As perdas aparentes representam 5% do VES, o que apesar de parecer um valor sem grande importância, nos pontos 5.2 e 5.3 é possível constatar que a implementação de medidas de redução neste tipo de perdas resulta numa diminuição bastante significativa tanto nos metros cúbicos como nos euros não faturados pela EG. Relativamente às perdas reais, com uma percentagem a rondar os 15% do VES representam 2 792 386 metros cúbicos não faturados. A ANF também depende da percentagem de consumo autorizado que não é faturado, cerca de 8,7% do VES.

A decomposição da ANF foi realizada tendo em conta o Balanço Hídrico realizado pelos técnicos da Empresa no final do ano civil de 2013.

A figura seguinte representa as percentagens das diferentes componentes em que se divide a ANF.

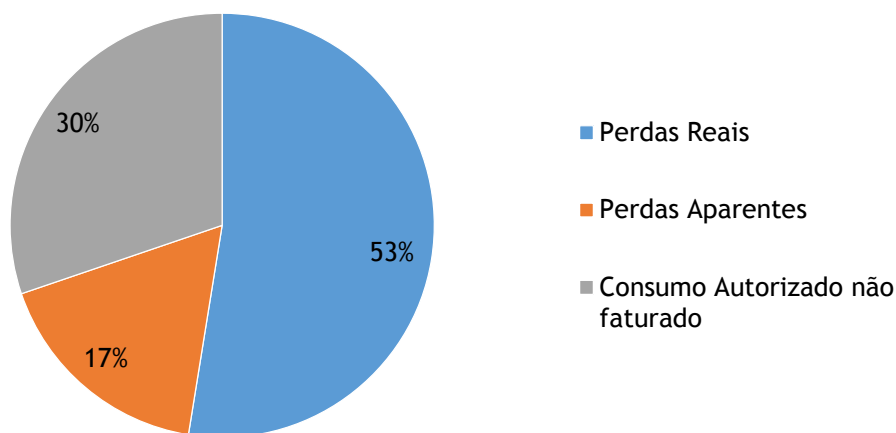


Fig. 31 - Decomposição da água não faturada (*Águas e Parque Biológico de Gaia 2014*)

A partir da figura 31, observa-se que as perdas reais representam 53% e as perdas aparentes 17% da ANF. Para que seja facilitada a interpretação dos dados fornecidos pela Empresa para a implementação de medidas de redução destas percentagens, a seguinte figura (32) representa as percentagens dos fatores constituintes das perdas reais e perdas aparentes da ANF relativa ao Balanço Hídrico de 2013.

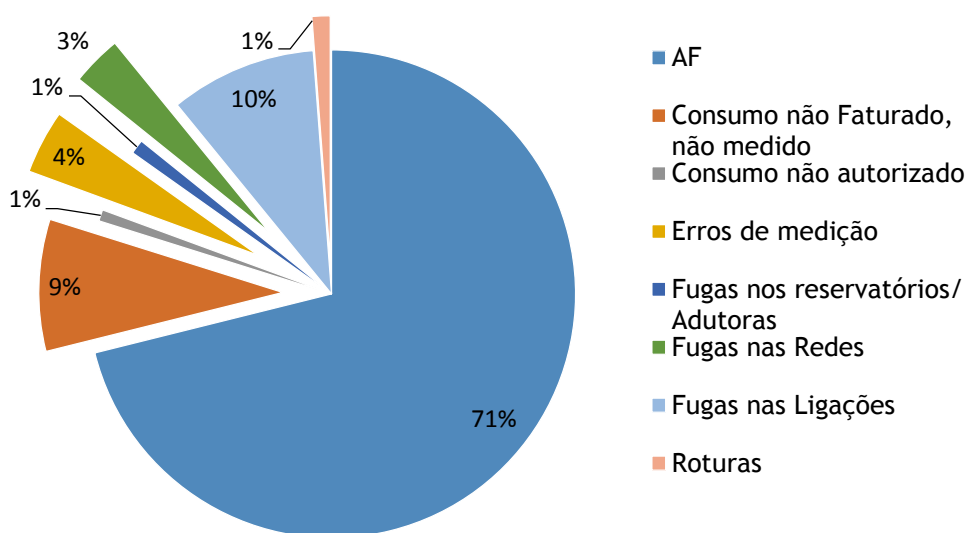


Fig. 32 - Decomposição das perdas reais e aparentes (*Águas e Parque Biológico de Gaia 2014*).

O valor referente às fugas nas ligações é resultado da forma de cálculo da IWA que considera toda e qualquer ligação (tubo a tubo, tubo a acessório, etc.) na rede em toda a sua extensão, ou seja nos 1 500 Km (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).

Numa grande rede de abastecimento como a de Gaia, é bastante difícil combater as fugas através dos sistemas acústicos, daí por um lado a EG focar-se mais na redução das perdas aparentes, mais concretamente na redução de erros de medição. Por outro lado, segundo a IWA, a equação que determina o número mínimo de perdas reais consta de variáveis que tendo em conta a realidade experienciada pela Empresa, faz com que a diminuição de perdas reais em prol da redução da ANF seja bastante difícil.

A equação que determina as perdas reais mínimas num SAA é a seguinte (Alegre *et al.*, 2005):

$$\text{Perdas reais mínimas} \left( \frac{l}{\text{ramal}} / \text{dia} \right) = \left( 18 * \frac{Lm}{Nc} + 0,7 + 0,025 * Nc * Lp \right) * P / 10$$

Lm - Comprimento da rede (km);

Nc - Número de ramais;

Lp - Comprimento médio dos ramais, medido entre a borda da estrada e o ponto de medição de caudal (m);

P - Pressão média na rede (KPa).

Então, uma das medidas no plano estratégico da EG no combate às perdas de água, é a redução de perdas baseando-se na atuação sobre os erros de medição.

Em 2013, os erros de medição são aproximadamente 4% do VES, o que corresponde a cerca de 15% da ANF. Estas percentagens representam 776 663 metros cúbicos não faturados que têm um custo à EG de 295 132 euros (calculado segundo um valor indicativo de custo de água de 0,38 €/m<sup>3</sup> (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).

Uma estratégia que também foi abordada durante o estágio foi a de se reduzir a pressão na rede, pois menos pressão na rede implica menos abastecimento, o que por sua vez implica menos fugas de água e assim menos perdas de água.





## 5 Custo-Benefício das medidas de redução de perdas

### 5.1 Custo-Benefício na substituição do parque de contadores

A Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia tem optado por uma estratégia, entre muitas, que se baseia na redução de erro inerente ao instrumento de faturação, isto é, a EG pretende que o seu parque de contadores seja mais eficaz, ou seja, pretende reduzir o volume de água não faturado a partir de contadores mais precisos.

Com a publicação da nova legislação do Decreto-Lei n.º 192/2006, de 26 de Setembro, consequência da transposição para a ordem jurídica portuguesa da Diretiva 2004/22/CE (MID), a Portaria 21/2007 de 5 de Janeiro veio introduzir um novo regime de prazos de Verificação Periódica. Variando com o caudal permanente (caudal máximo ao qual o contador funciona satisfatoriamente nas condições normais de utilização, isto é, com caudal estável ou intermitente) os prazos de verificação vão de 12 a 4 anos, em que o número de anos decresce com o aumento de caudal.

A prática tem demonstrado que os limites legais (máximos) que advêm da legislação são demasiado longos se forem tidos em conta os interesses económicos da EG. Como os contadores são o instrumento fundamental de faturação do produto (água) que fornece aos seus clientes, a EG tem como objetivo não deixar que os seus contadores se deteriore, aumentando erros de medição na contagem e, por conseguinte diminuindo receitas.

Assim, a EG depara-se sobre a renovação do parque de contadores, que apesar dos benefícios no aumento de faturação de produto, tem custos associados como os custos de aquisição de novos contadores ou da reparação dos substituídos, e custos de mão-de-obra e transporte.

Nos pontos 5.2 e 5.3 analisa-se a relação de custo-benefício associada à redução de erros de medição em contadores domésticos e industriais, respetivamente.

## 5.2 Redução de erros de medição associados a clientes domésticos

Os clientes com consumos domésticos representam 83% da AF pela Empresa, o que implica que uso ineficiente da água por parte destes, mesmo em condições mínimas tenha uma repercussão significativa na faturação da Empresa (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).

Todos os dados seguidamente expostos, como já foi referenciado anteriormente, são meramente indicativos para obtenção de conclusões adequadas à realidade.

Com a nova abordagem (Diretiva 2004/22/CE (MID)), surge o conceito de intervalo de medição (R). Este conceito é a amplitude de funcionamento de um contador entre os seus respetivos caudal mínimo (Q1) e caudal permanente (Q3). Quanto maior o R, mais sensível é o contador ao caudal de arranque e por conseguinte o erro de medição é menor.

O de intervalo de medição é definido pela relação:

$$R = \frac{Q3}{Q1}$$

A seguinte tabela permite a comparação entre as diferentes classes de contadores segundo a EN 14154:2005 e a Diretiva. 2004/22/CE (MID).

Tabela 7 - Contadores segundo a EN 14154:2005 e a Diretiva. 2004 / 22 / CE (MID) (Janz, Contagem e Gestão de Flúidos, S.A.)

R	200	200	200	250	250	400	400	630	630
Q3	1 600	2 500	4 000	1 600	2 500	1 600	2 500	1 600	2 500
Q4	2 000	3 125	5 000	2 000	3 125	2 000	3 125	2 000	3 125
Q2	12,8	20	32	10,24	16	6,4	10	4,06	6,35
Q1	8	12,5	20	6,4	10	4	6,25	2,54	3,97

Q1 - caudal mínimo, menor caudal ao qual o contador não deve exceder os erros máximos admissíveis ( $\pm 5\%$ );

Q2 - Caudal de transição, caudal ao qual os erros máximos admissíveis do contador mudam de valor (de  $\pm 5\%$  para  $\pm 2\%$ , para água até 30 °C, ou  $\pm 3\%$ , para água a temperatura superior a 30 °C);

Q3 - caudal permanente, caudal correspondente a 75% do valor do caudal de sobrecarga (Q4). Expresso em m<sup>3</sup>/h, segundo a nova abordagem serve como referência para designar o contador;

Q4 - caudal máximo, ou de sobrecarga, caudal mais elevado ao qual o contador deve poder funcionar sem deterioração, durante períodos de tempo limitados, e sem exceder os erros máximos admissíveis.

Para a elaboração da tabela 8, partiu-se do princípio de que em média os contadores da rede teriam um erro medição de aproximadamente 5%. O objetivo para com os contadores de clientes domésticos (contadores volumétricos) após reparação, é que estes passem a ter um erro de medição de aproximadamente de 1%. Esta reparação é realizada no laboratório situado nas instalações da Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia. A Empresa possui um Laboratório creditado, o que possibilita uma reparação/manutenção com qualidade e rapidez sobre os contadores da rede. Desta forma, a Empresa não contrai despesas derivadas de pagamentos de serviços externos (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).

A tabela seguinte compara alguns parâmetros fundamentais a nível económico-ambiental variando os erros de medição entre 5% e 1% associados aos contadores domésticos, que representam 83% da AF. A tarifa mensal aplicada a este tipo de clientes é de 2,1 €/m<sup>3</sup> (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).

Tabela 8 - Diferenças associadas a erros de medição de 5% e 1% (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).

<b>Erro de leitura</b>	<b>5%</b>	<b>1%</b>
Consumo dos clientes domésticos [m <sup>3</sup> /ano]	10 858 116	10 858 116
Estimativa de m <sup>3</sup> não faturados devido a erros de 5% e 1% respetivamente [m <sup>3</sup> /ano]	542 906	108 581
Valor correspondente aos m <sup>3</sup> não faturados devido a erros de 5% e 1% [€/ano]	1 112 957	222 591
Valor que a EG passa a faturar a mais nos 83% da AF [€/ano]	912 082	
Água "recuperada" [m <sup>3</sup> /ano]	434 325	

De referir que se parte de uma suposição de que o consumo dos consumidores domésticos se manteria nos 10 858 116 metros cúbicos anuais, devendo-se ao facto dos clientes de hoje poderem não ser os de amanhã e de se trabalhar com variáveis suscetíveis. Isto é, este tipo de variáveis pode oscilar significativamente de ano para ano por fatores externos, como é o caso do consumo anual de água que depende de fatores meteorológicos.

A partir da tabela 8, verifica-se que com uma pequena diferença de quatro pontos percentuais os contadores passam a “ler a mais” cerca de 465 722 metros cúbicos de água.

A diferença entre o uso ineficiente e o uso eficiente da água pode levar a EG a faturar a mais nesta percentagem de clientes (83%) um valor de cerca de 912 082 euros, por ano e durante a vida útil do contador.

A nível ambiental, pode-se dizer que se há mais água contabilizada há menos água perdida, e se há menos água perdida é porque há mais água a ser poupada. Portanto, é plausível afirmar que a Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia poupa anualmente 434 325 metros cúbicos de água.

Contudo, devido a fatores como o tempo de vida útil do contador (tempo de serviço), o volume de água que passou no contador, etc., a precisão do contador não será a mesma como no primeiro ano após a sua instalação.

Assim, a partir da seguinte tabela é possível averiguar o aumento do erro de medição nos primeiros dez anos e as consequências (metros cúbicos não faturados) que resultam desse aumento.

Tabela 9 - Aumento do erro médio de medição dos contadores de clientes domésticos

Erro de leitura	Consumo dos clientes domésticos [m <sup>3</sup> /ano]	Estimativa de m <sup>3</sup> /ano não faturados	Valor dos m <sup>3</sup> não faturados devido a erros de medição (€/ano)
1,0%	10 858 116	108 581	228 020
1,7%	10 858 116	184 588	387 635
2,4%	10 858 116	260 595	547 249
3,1%	10 858 116	336 602	706 863
3,8%	10 858 116	412 608	866 478
4,5%	10 858 116	488 615	1 026 092
5,2%	10 858 116	564 622	1 185 706
5,9%	10 858 116	640 629	1 345 321
6,6%	10 858 116	716 636	1 504 935
7,3%	10 858 116	792 643	1 664 549

Conclui-se que só após o sétimo ano é que os contadores passam a ter um erro de medição superior ao que tinham antes da substituição do parque de contadores, isto é, superior a 5%. Então, numa realidade utópica deveria-se substituir o parque dos contadores ao fim de sete anos, porém o custo desta medida de redução de água não faturada implicaria custos mais elevados do que as potenciais poupanças. Embora as Entidades Reguladoras e fabricantes

determinem que a validade em média de um contador seja entre 8 a 9 anos, o encaixe financeiro de uma EG não é suficiente para renovar o parque de contadores neste intervalo de tempo.

### 5.2.1 Custo-Benefício de contadores com diferentes intervalos de medição

Na compra de um contador tem-se em conta aspetos como o preço de aquisição, o volume de água que contabiliza com precisão, durabilidade, etc., e assim é possível uma tomada de decisão segundo uma relação de custo-benefício entre o parque de contadores em funcionamento e uma alternativa a esse.

Parte do estudo realizado durante o estágio fundamentou-se na relação de custo-benefício entre contadores com diferentes intervalos de medição, pois quanto mais preciso é um contador, mais elevado é o seu preço de aquisição. Então, estudou-se até que custo é compensatório o benefício que advém da precisão do contador.

Como já foi mencionado anteriormente, para clientes domésticos a EG opta por contadores volumétricos. Este tipo de contadores devido ao caudal máximo ao qual funciona satisfatoriamente nas condições normais de utilização, isto é, com caudal estável ou intermitente, estão sujeitos a uma verificação periódica de um intervalo de dez anos.

Então, admitiu-se que em relação à substituição do parque de contadores por contadores mais precisos, os custos e benefícios provenientes dessa alteração seriam determinados para um prazo de dez anos.

Na tabela 10 estão dispostos diferentes intervalos de medição de contadores e respetivos caudais. O preço atribuído é um valor indicativo, tendo somente o propósito de se estabelecer uma comparação com a realidade.

Tabela 10 - Características de contadores consoante o intervalo de medição (*Águas e Parque Biológico de Gaia 2014*).

R	Q3	Q4	Q2	Q1	Preço [€]
200	1 600	2 000	12,8	8	20
200	2 500	3 125	20	12,5	20
200	4 000	5 000	32	20	20
250	1 600	2 000	10,24	6,4	23
250	2 500	3 125	16	10	23
400	1 600	2 000	6,4	4	26
630	1 600	2 000	4,06	2,54	29

Os valores com cor vermelha foram selecionados de entre o seu intervalo de medição pelo facto de possuírem o menor caudal mínimo. Como é referido no ponto 5.2, o caudal mínimo é o menor caudal ao qual o contador não deve exceder os erros máximos admissíveis  $\pm 5\%$ .

Então, procedeu-se à comparação entre os diferentes intervalos e elaboraram-se as seguintes tabelas, onde é possível constatar o benefício que advém da opção de um intervalo por outro. Para tal, admitiu-se que os 83% de faturação seriam provenientes de um só intervalo de medição, ou seja, a rede seria equipada para os clientes domésticos com contadores que só pertencessem a um deste intervalo: R<sub>200</sub>; R<sub>250</sub>; R<sub>400</sub>; R<sub>630</sub>.

### 5.2.2 Custo-Benefício na alteração do parque de contadores com um R<sub>200</sub>

Na tabela 11 é estabelecida a relação de custo-benefício entre R<sub>200</sub> e R<sub>250</sub>.

Tabela 11 - Custo-Benefício entre R<sub>200</sub> e R<sub>250</sub> (*Águas e Parque Biológico de Gaia 2014*).

R	200	250
Q1 (l/h)	8	6,4
Preço por contador [€]	20	23
Diferença de água perdida [l/h]	1,6	
Diferença de água perdida (m <sup>3</sup> /ano)	14	
Diferença de água perdida para os 83% de clientes [m <sup>3</sup> /ano]	1 419 260	
EG passa a faturar [€/ano]	2 980 446	
Incremento de investimento nos contadores [€]	366 000	
Benefício [€]	2 614 446	

Na tabela anterior, verifica-se que apesar de um incremento de 366 000 euros derivado da escolha de contadores com um R<sub>250</sub> ao invés de um R<sub>200</sub>, a EG passaria a faturar a mais 2\_980\_446 euros por ano. Com esta opção a EG obteria um benefício de 2 614 446 euros e não perderia 1 419 269 metros cúbicos de água por ano devido a erros de medição por parte dos contadores.

Na tabela 12 é estabelecida a relação de custo-benefício entre  $R_{200}$  e  $R_{400}$ .

Tabela 12 - Custo-Benefício entre  $R_{200}$  e  $R_{400}$  (*Águas e Parque Biológico de Gaia 2014*).

<b>R</b>	<b>200</b>	<b>400</b>
Q1 (l/h)	8	4
Preço por contador [€]	20	26
Diferença de água perdida [l/h]	4	
Diferença de água perdida (m <sup>3</sup> /ano)	35	
Diferença de água perdida para os 83% de clientes [m <sup>3</sup> /ano]	3 548 150	
EG passa a faturar [€/ano]	7 451 116	
Incremento de investimento nos contadores [€]	732 000	
Benefício [€]	6 719 116	

Na tabela 12, seguindo a mesma linha de raciocínio que na tabela 11, constata-se que apesar do aumento para o dobro do incremento verificado na opção  $R_{250}$ , a EG passaria a faturar a mais cerca de 60% que no cenário anterior. Com esta opção a EG obteria um benefício de 6\_719\_116 de euros e não se perderia 3 548 250 metros cúbicos de água por ano devido a erros de medição por parte dos contadores.

Na tabela 13 é estabelecida a relação de custo-benefício entre  $R_{200}$  e  $R_{630}$ .

Tabela 13 - Custo-Benefício entre  $R_{200}$  e  $R_{630}$  (*Águas e Parque Biológico de Gaia 2014*).

<b>R</b>	<b>200</b>	<b>630</b>
Q1 (l/h)	8	2,54
Preço por contador [€]	20	29
Diferença de água perdida [l/h]	5,46	
Diferença de água perdida (m <sup>3</sup> /ano)	48	
Diferença de água perdida para os 89% de clientes [m <sup>3</sup> /ano]	4 843 225	
EG passa a faturar [€/ano]	10 170 773	
Incremento de investimento nos contadores [€]	1 098 000	
Benefício [€]	9 072 773	

A tabela anterior confronta o menor com o maior intervalo de medição. Deste modo, o benefício determinado foi o maior de todas as analogias entre intervalos de medição. Perante esta situação de pior cenário para o melhor cenário possível, a EG passaria a faturar 10\_170\_773 euros por ano, o que corresponde a um aumento à volta dos 70% em comparação com o cenário exposto na tabela 11. Neste cenário, a EG passaria a contabilizar a mais na sua faturação anual cerca de 4 843 224 metros cúbicos de água. Este valor é bastante importante para a relação EG-cliente, pois quanto maior for a eficiência do uso da água por parte da EG, menor será o valor cobrado aos clientes.

### 5.2.3 Custo-Benefício na alteração do parque de contadores com um R<sub>250</sub>

Na tabela 14 é estabelecida a relação de custo-benefício entre R<sub>250</sub> e R<sub>400</sub>.

Tabela 14 - Custo-Benefício entre R<sub>250</sub> e R<sub>400</sub> (*Águas e Parque Biológico de Gaia 2014*).

R	250	400
Q1 (l/h)	6,4	4
Preço por contador [€]	23	26
Diferença de água perdida [l/h]	2,4	
Diferença de água perdida (m <sup>3</sup> /ano)	21	
Diferença de água perdida para os 83% de clientes [m <sup>3</sup> /ano]	2 128 890	
EG passa a faturar [€/ano]	4 470 670	
Incremento de investimento nos contadores [€]	366 000	
Benefício [€]	4 104 670	

A partir da tabela 14, verifica-se que quanto mais próximos são os intervalos de medição, menores serão os benefícios esperados por uma mudança na precisão de um contador.

Então, com um incremento de 366 000 euros derivado da escolha de contadores com um R<sub>400</sub> ao invés de um R<sub>250</sub>, a EG passaria a faturar a mais por ano cerca de 4 470 670 euros. Com esta opção a EG obteria um benefício de 4 104 670 euros e não deixaria de contabilizar 2\_128\_890 metros cúbicos de água por ano devido a erros de medição por parte dos contadores.



Na tabela 15 é estabelecida a relação de custo-benefício entre  $R_{250}$  e  $R_{630}$ .

Tabela 15 - Custo-Benefício entre  $R_{250}$  e  $R_{630}$  (*Águas e Parque Biológico de Gaia 2014*).

<b>R</b>	<b>250</b>	<b>630</b>
Q1 (l/h)	6,4	2,54
Preço por contador [€]	23	29
Diferença de água perdida [l/h]	3,86	
Diferença de água perdida (m <sup>3</sup> /ano)	34	
Diferença de água perdida para os 83% de clientes [m <sup>3</sup> /ano]	3 423 965	
EG passa a faturar [€/ano]	7 190 327	
Incremento de investimento nos contadores [€]	732 000	
Benefício [€]	6 458 327	

Analisando a tabela anterior, a EG passaria a faturar a mais por ano cerca de 7 190 327 de euros, o que corresponde a um aumento à volta dos 38% em comparação com o cenário exposto na tabela 14. Deste modo, a EG distribuindo o mesmo volume de água na rede, passaria a contabilizar a mais na sua faturação anual cerca de 3 423 965 metros cúbicos.

O cenário explícito na tabela anterior apresenta-se com um benefício a nível económico a rondar os 6,5 milhões de euros.

### 5.2.4 Custo-Benefício na alteração do parque de contadores com um R<sub>400</sub>

Na tabela 16 é estabelecida a relação de custo-benefício entre R<sub>400</sub> e R<sub>630</sub>.

Tabela 16 - Custo-Benefício entre R<sub>400</sub> e R<sub>630</sub> (*Águas e Parque Biológico de Gaia 2014*).

R	400	630
Q1 (l/h)	4	2,54
Preço por contador [€]	26	29
Diferença de água perdida [l/h]	1,46	
Diferença de água perdida (m <sup>3</sup> /ano)	13	
Diferença de água perdida para os 83% de clientes [m <sup>3</sup> /ano]	1 295 075	
EG passa a faturar [€/ano]	2 719 657	
Incremento de investimento nos contadores [€]	366 000	
Benefício [€]	2 353 657	

Como era expectável, a alteração no intervalo de medição exposto pela tabela 16 é a que apresenta um benefício menor. O facto de este valor ser inferior aos outros anteriormente abordados, deve-se à consequência da estagnação da curva custo-benefício.

Todavia, mesmo não se obtendo valores monetários tão satisfatórios, não é possível descartar a questão ambiental. Então, é de realçar que a EG por ano não desperdiçaria cerca de 1\_295\_075 metros cúbicos de água.

### 5.2.5 Custo-Benefício num período de dez anos

Embora Entidades Reguladoras e fabricantes determinem que a validade de um contador seja entre 8 a 9 anos, o encaixe financeiro de uma EG não é suficiente para renovar o parque de contadores neste intervalo de tempo. O contador devido às características físicas e químicas da água irá sofrer alterações que irão provocar a diminuição das suas funcionalidades. Sendo conhecido como envelhecimento por contagem, este problema caso não seja alvo de grande atenção pode lesar economicamente a empresa em elevados valores (*Águas e Parque Biológico de Gaia 2014*).

Os valores das tabelas em seguida (17, 18, 19) representam o benefício que seria expectável caso o parque de contadores fosse renovado. O benefício seria em função da água que a EG passaria a faturar com o aumento da precisão nos contadores.

Tabela 17 - Benefício na alteração de  $R_{200}$  (*Águas e Parque Biológico de Gaia 2014*).

Alteração de R	Benefício [€]
$R_{200}-R_{250}$	26 144 463
$R_{200}-R_{400}$	67 191 158
$R_{200}-R_{630}$	90 727 731

Tabela 18 - Benefício na alteração de  $R_{250}$  (*Águas e Parque Biológico de Gaia 2014*).

Alteração de R	Benefício [€]
$R_{250}-R_{400}$	41 046 695
$R_{250}-R_{630}$	64 583 268

Tabela 19 - Benefício na alteração de  $R_{400}$  (*Águas e Parque Biológico de Gaia 2014*).

Alteração de R	Benefício [€]
$R_{400}-R_{630}$	23 536 573

As tabelas em cima foram elaboradas a partir do princípio que as características do ano zero se manteriam. Estes valores apesar de especulativos demonstram o benefício (milhões de euros) que a EG pode ter com a alteração na precisão do parque de contadores de clientes com consumo doméstico.

Verifica-se então, um impacto enorme na redução de perda de água por parte da EG pelo simples facto do contador ser mais sensível e assim começar a registar caudais de água mais cedo.

### **5.3 Redução de erros de medição associados a clientes industriais com consumo superior a 500 m<sup>3</sup>/mês**

A Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia a partir de uma análise da AF deparou-se com o facto de que os clientes industriais representavam 11% da faturação da Empresa. Apesar da percentagem em questão parecer pouco relevante, estes 11% representam clientes com consumos anuais superiores a 6000 m<sup>3</sup>/ano, ou seja, uma média superior a 500 m<sup>3</sup>/mês. Os clientes em questão são Hospitais, Hotéis, Piscinas, etc., (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).

Deste modo, ao representar uma pequena parcela da faturação da Empresa, o estudo e posteriores conclusões para implementação de medidas será mais eficaz e seguro.

Para estes clientes, o objetivo é substituir os contadores volumétricos por contadores eletromagnéticos. Esta substituição deve-se ao facto de que o tempo de vida útil de um contador volumétrico torna-se bastante menor quando sujeito a contabilizar caudais com uma média superior a 500 m<sup>3</sup>/mês. Assim, a procura pela EG em reduzir as perdas de água pela diminuição de ANF com uma constante substituição/reparação de contadores volumétricos por outros contadores volumétricos levaria à obtenção de resultados antieconómicos, ou seja, o custo que a EG pagaria para atingi-los seria superior ao custo da água perdida.

Os contadores eletromagnéticos apresentam uma precisão mais elevada e uma durabilidade bastante mais longa. De realçar que a Empresa possui um laboratório creditado e que dispõem de técnicos e meios para reparar estes contadores. Assim, não é necessário recorrer a outras empresas externas o que implicaria um aumento dos custos e uma diminuição do benefício.

Portanto, com a implementação desta medida (contadores eletromagnéticos a contabilizar a água dos clientes com este tipo de consumo) as leituras são mais precisas o que levará a uma maior faturação por parte da EG e irão representar com maior fiabilidade os consumos dos clientes.

Contudo, é extremamente importante analisar os vários clientes/contadores e respetivos consumos, pois cada contador eletromagnético tem um custo total (custo de aquisição, mão de obra e dattalogger) à volta dos 2 500 euros (valor indicativo) Águas e Parque Biológico de Gaia 2014.

Na seguinte tabela estão expostos alguns consumos de clientes com consumos mensais superiores a 500 m<sup>3</sup>, obtidos a partir do sistema de faturação da Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia e são referentes ao ano de 2013.

Tabela 20 - Clientes com consumos médios mensais superiores a 500 m<sup>3</sup> (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).

Cliente	Consumo [m <sup>3</sup> /mês]	Cliente	Consumo [m <sup>3</sup> /mês]	Cliente	Consumo [m <sup>3</sup> /mês]
C1	8 453	C21	1 125	C41	2 133
C2	809	C22	664	C42	1 432
C3	550	C23	1 149	C43	551
C4	1 363	C24	3 524	C44	517
C5	619	C25	987	C45	750
C6	515	C26	1 123	C46	4 295
C7	563	C27	1 690	C47	2 064
C8	3 353	C28	909	C48	1 288
C9	518	C29	3 227	C49	510
C10	1 253	C30	610	C50	604
C11	622	C31	548	C51	1 080
C12	538	C32	3 644	C52	910
C13	10 644	C33	900	C53	1 668
C14	800	C34	7 362	C54	600
C15	2 693	C35	5 532	C55	1 215
C16	679	C36	653	C56	587
C17	651	C37	651	C57	788
C18	1 518	C38	1 657	C58	528
C19	1 413	C39	565	C59	854
C20	690	C40	1 483	C60	547

### 5.3.1 Custo-Benefício da implementação de contadores eletromagnéticos

Para a elaboração da tabela 21, partiu-se do princípio de que em média os contadores da rede teriam um erro de medição de aproximadamente 5%. Com a introdução dos contadores eletromagnéticos o erro passaria a ser de aproximadamente 1%. Para este estudo, devido ao facto da tarifa mensal correspondente ao consumo destes clientes ser 5,2 €/m<sup>3</sup> obtêm-se resultados satisfatórios mais rapidamente que os obtidos no ponto 5.2 (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).

A tabela seguinte compara alguns parâmetros fundamentais a nível económico-ambiental derivados da substituição de contadores domésticos por contadores industriais e, por conseguinte os erros de medição de 5% para 1%.

Tabela 21 - Diferenças associadas a erros de medição de 5% e 1% (*Águas e Parque Biológico de Gaia 2014*).

<b>Erro de leitura</b>	<b>5%</b>	<b>1%</b>
Consumo dos clientes industriais [m <sup>3</sup> ]	1 439 027	1 439 027
Estimativa de m <sup>3</sup> não faturados devido a erros de 5% e 1% respetivamente [m <sup>3</sup> /ano]	71 951	14 390
Valor correspondente aos m <sup>3</sup> não faturados devido a erros de 5% e 1% [€/ano]	374 147	74 829
Valor que a EG passa a faturar a mais nos 11% da AF [€/ano]	299 318	
Água "recuperada" [m <sup>3</sup> ]	57 561	

De referir que se parte de uma suposição de que o consumo destes clientes se manteria nos 1\_439\_027 metros cúbicos anuais, devendo-se ao facto dos clientes de hoje poderem não ser os de amanhã e de se trabalhar com variáveis suscetíveis. Isto é, este tipo de variáveis pode oscilar significativamente de ano para ano por fatores externos, como é o caso do consumo anual de água que depende de fatores meteorológicos.

Segundo a tabela 21, verifica-se que com um erro de aproximadamente 5% a EG perde à volta de 71 951 metros cúbicos de água e que com um erro de aproximadamente 1% a Empresa fatura a mais cerca de 57 561 metros cúbicos de água, contribuindo apenas para a percentagem de ANF com 14 390 metros cúbicos.

Com esta medida de redução de perdas de água, averigua-se uma redução de perdas à volta dos 80%, implicando um aumento na faturação por parte da EG de 299 318 euros.

Apesar da substituição de contadores para estes clientes ser paga no primeiro ano (investimento de 200 000 euros), um estudo a longo prazo beneficia a escolha de contadores eletromagnéticos (para este tipo de clientes) devido ao tempo de vida útil destes, pois é expectável que funcionem durante muitos anos e com uma precisão bastante aceitável. Assim, não existe (sob condições normais) a necessidade de substituição/reparação de um parque de contadores ao fim de dez anos.

É também fundamental não descartar a vertente ambiental apesar do peso e importância dos fatores económicos numa relação de custo-benefício de implementações de medidas numa empresa. Quando se trata de um negócio, como o negócio da água, uma empresa tem como objetivo a obtenção de melhores resultados possíveis e por vezes é muito difícil atingir o equilíbrio entre custo-benefício envolvendo-se fatores económico-ambientais.

Então, é de enaltecer que com a implementação desta medida só para 80 clientes, a EG ao fim de um ano não perderia (em termos de faturação) cerca de 57 561 metros cúbicos de água.

### 5.3.2 Custo-Benefício da implementação de contadores eletromagnéticos ao fim de dez anos

Embora se aplique a uma percentagem de mínima de clientes, a implementação desta medida demonstra a importância que tem na faturação da EG e na redução de perdas de água.

Devido aos consumos anuais, as perdas de água ao fim de dez anos resultantes de erros de medição ( $\pm 5\%$ ) seriam enormes, resultando em valores bastante pejorativos para a EG.

A partir da seguinte tabela verifica-se o aumento de faturação e da diminuição de perda de água por parte da EG. Considera-se, devido às características (supramencionadas) destes contadores que o erro de medição ao fim de dez anos se mantém em média igual a 1%.

Tabela 22- Diferenças associadas a erros de medição de 5% e 1% ao fim de dez anos (*Águas e Parque Biológico de Gaia 2014*).

Erro de leitura	5%	1%
Consumo dos clientes industriais [m <sup>3</sup> ]	1 439 027	1 439 027
Estimativa de m <sup>3</sup> não faturados devido a erros de 5% e 1% respetivamente [m <sup>3</sup> ]	719 514	143 903
Valor correspondente aos m <sup>3</sup> não faturados devido a erros de 5% e 1% [€/ano]	3 741 471	748 294
Valor que a EG passa a faturar a mais nos 11% da AF [€/ano]	2 993 177	
Água "recuperada" [m <sup>3</sup> ]	575 611	

De referir que se parte de uma suposição de que o consumo dos consumidores industriais se manteria nos 1 439 027 metros cúbicos anuais, devendo-se ao facto dos clientes de hoje poderem não ser os de amanhã e de se trabalhar com variáveis suscetíveis. Isto é, este tipo de variáveis pode oscilar significativamente de ano para ano por fatores externos, como é o caso do consumo anual de água que depende de fatores meteorológicos.

Observando a tabela 22, verifica-se que ao fim de dez anos, com um erro de aproximadamente 5% a EG perde à volta de 719 514 metros cúbicos de água e que com um erro de aproximadamente 1% a Empresa fatura por a mais cerca de 575 611 metros cúbicos de água e reduz a ANF para 143 903 metros cúbicos.

Com esta medida de redução de perdas de água, averigua-se uma redução de perdas à volta dos 80%, implicando um aumento na faturação por parte da EG de 2 992 177 euros.

A escolha de contadores eletromagnéticos apresenta benefícios económicos e ambientais que justificam o custo da implementação desta medida.

## **5.4 Redução da pressão na rede de abastecimento**

A rede de distribuição é caracterizada por ser um sistema de condutas e um conjunto de acessórios que possibilitam a distribuição da água à população em boas condições de utilização. A água chega ao destinatário (cliente) através da instalação de ramais domiciliários.

Como a cidade de Gaia é abastecida na sua quase totalidade por sistema gravítico, a pressão na rede é dada pela diferença de altura da água no reservatório e a altura piezométrica do ponto onde se pretende medir a pressão retirando-se as perdas de cargas contínuas e localizadas entre estes dois pontos. É durante o período noturno que se verifica a pressão máxima na rede, pois é durante este período que se verificam os consumos mais baixos. Por outro lado, a pressão mínima na rede verifica-se durante períodos característicos de consumos elevados. Portanto, as condutas de uma rede de abastecimento são dimensionadas para esses mesmos consumos, e com um aumento de pressão numa conduta que não foi dimensionada para esse aumento, caso a conduta não esteja em bom estado, há a possibilidade de haver fugas de água na rede ou nas ligações. Para evitar perdas de água procede-se à instalação de válvulas redutoras (exemplo das entradas das ZMC) de forma a reduzir a pressão no período noturno para que o abastecimento de água também diminua e, por conseguinte eventuais perdas de água. Contudo é fundamental que a pressão que chega aos clientes esteja dentro dos limites de conforto (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).

O objetivo deste estudo teve como propósito averiguar os efeitos no condicionamento de transferência de água (reduzindo a pressão média da rede) facto que poderá ser possível com a delimitação da rede em de zonas de medição e controlo. Pretendeu-se então, estudar a diminuição da pressão média na rede de 5 para 4 bar (20%).

Para o estudo de medição da rede seriam necessários 180 pontos de medição, 3 dataloggers para que a pressão medida através de manómetros fosse registada e tornasse o tratamento de dados mais simples e eficaz e o tempo de medição seria durante 60 dias.



Na seguinte tabela encontram-se os parâmetros do estudo.

Tabela 23 - Parâmetros do estudo (*Águas e Parque Biológico de Gaia 2014*).

Pontos de Medição	180
Dias de medição	60
Pontos de Medição/dia	3
Datalogger [€]	3 000
Pessoal+transporte/dia [€]	150
Custo de medição de toda a rede [€]	18 000
Válvula redutora [€]	5 000

Como é abordado no ponto 2.4.1 (gestão da pressão), as EGs devem assumir uma relação linear entre as perdas de água num sistema de abastecimento e a pressão na rede desse sistema. Então, a diminuição de 20% na pressão da rede corresponde a uma diminuição de 20% em perdas reais.

Em 2013 as perdas reais correspondiam a 15,2% do VES, ou seja, a cerca de 2 792 386 m<sup>3</sup>. Com a diminuição da pressão na rede em 20%, as perdas reais passariam a corresponder a um volume à volta de 2 233 909 m<sup>3</sup>. Deste modo, as perdas reais passariam a representar cerca de 12,1% do VES. Com a diminuição das perdas reais a EG passa a ser mais eficaz na venda do produto, o que leva a concluir que posteriormente não será necessário adquirir a mesma quantidade de produto. Isto é, desperdiça-se menos, compra-se menos. Essa diminuição de aquisição de água seria aproximadamente de 212 221 euros (valor indicativo de aquisição de água de 0,38 €/m<sup>3</sup>).

A figura seguinte representa as percentagens das diferentes componentes em que se divide o VES com a diminuição das perdas reais em 20%.

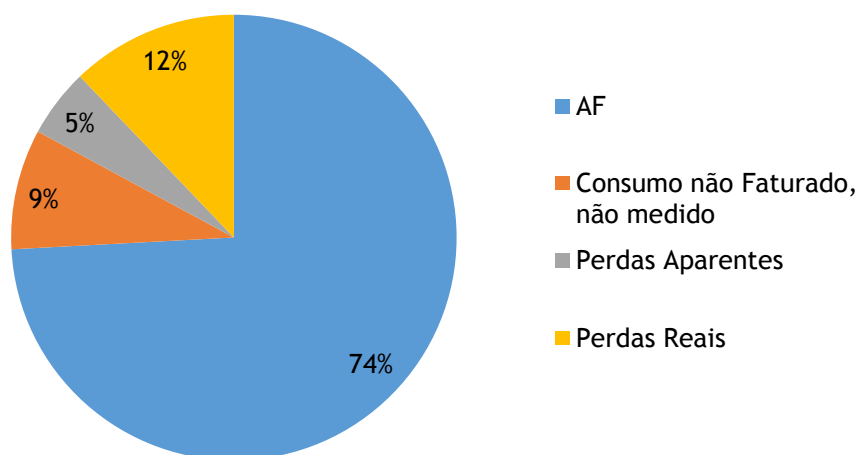


Fig. 33 - Volume de água entrado no SAA com a redução de 5 para 4 bar (*Águas e Parque Biológico de Gaia 2014*).

Em analogia à figura 30 (ponto 4.3), constata-se uma diminuição de ANF em cerca de 3%. Esta diminuição deve-se à redução da percentagem de perdas reais, que anteriormente representavam 15% e passaram a representar 12,1% do VES.

Assim, os 5 314 139 metros cúbicos de ANF em 2013 passariam a 4 755 662 metros cúbicos.

## 5.5 Efeitos das medidas de redução de perdas no Balanço Hídrico da Empresa

### 5.5.1 Balanço Hídrico com redução de erros de medição

A tabela 25 representa o Balanço Hídrico esperado caso se aplicassem as medidas de redução de erros de leitura nos contadores dos clientes anteriormente abordados.

Tabela 24 - Balanço Hídrico com redução de erros de medição (*Águas e Parque Biológico de Gaia 2014*).

Volume entrado no sistema 18.396.207 (m3/ano)	Consumo Autorizado 15.211.601 82,7%	Consumo autorizado faturado 13.605.351 74,0%	Consumo faturado medido 8.010.682	Água Faturada 13.605.351 74,0%
			Consumo faturado não medido 5.594.669	
		Consumo autorizado, não Faturado 1.606.250 8,7%	Consumo não Faturado, medido	Água Não Faturada 4.790.856 26,0%
			Consumo não Faturado, não medido 1.606.250 8,7%	
	Perdas de Água 3.184.606 17,3%	Perdas Aparentes 392.220 2,1%	Consumo não autorizado 138.840 0,8%	
			Erros de Medição 253.380 1,38%	
		Perdas Reais 2.792.386 15,2%	Fugas nos Reservatórios/ Adutoras 176.266 0,96%	
			Fugas nas Redes 610.775 3,3%	
			Fugas nas Ligações 1.784.422 9,7%	
			Roturas 220.923 1,2%	

Com a redução do erro de medição de 5% para 1% nos contadores dos clientes domésticos e industriais (ponto 5.2 e 5.3), a percentagem de Erro de Medição no Balanço Hídrico passa a ser 1,38%, verificando-se portanto uma redução à volta dos 2,8% relativamente ao Balanço Hídrico de 2013.

Implementando estas medidas, a EG aumenta a sua eficiência no uso da água ao não perder aproximadamente 500 000 metros cúbicos por ano, visto que em 2013 a EG em perdas aparentes teve um volume igual a 915 503 metros cúbicos.

Deste modo, num ano verifica-se um acréscimo na faturação de 1 211 400 euros.

### 5.5.2 Balanço Hídrico com variação de pressão da rede

A tabela 26 representa o Balanço Hídrico esperado caso se aplicasse a redução de pressão na rede.

Tabela 25 - Balanço Hídrico com redução da pressão média na rede em 20% (5 para 4 bar) (Águas e Parque Biológico de Gaia 2014).

Volume entrado no sistema 17.837.730 (m3/ano)	Consumo Autorizado 14.688.318 82,3%	Consumo autorizado faturado 13.082.068 73,3%	Consumo faturado medido 7.487.399	Água faturada 13.082.068 73,7%
			Consumo faturado não medido 5.594.669	
		Consumo autorizado, não faturado 1.606.250 9,0%	Consumo não Faturado, medido	Água não faturada 4.755.662 26,3%
			Consumo não Faturado, não medido 1.606.250 9%	
	Perdas de água 3.149.412 17,7%	Perdas aparentes 915.503 5%	Consumo não autorizado 138.840 0,8%	
			Erros de medição 776.663 4,4%	
		Perdas reais 2.233.909 12,1%	Fugas nos reservatórios/ Adutoras 176.266 0,99%	
			Fugas nas Redes 356.755 2,0%	
			Fugas nas Ligações 1.427.018 8,0%	
			Roturas 214.053 1,2%	

Com a variação da pressão na rede de 5 para 4 bar, as percentagens de fugas na rede e fugas nas ligações diminuí, fazendo com que as perdas reais passem para 12%, menos 3% relativamente ao Balanço Hídrico de 2013.

Assumindo que a EG faturaria a mesma quantidade de água, isto é, 13 082 068 metros cúbicos de água, no Balanço Hídrico representado na tabela 26 essa quantidade de água passaria a representar aproximadamente 74% da AF. Este aumento é devido ao “novo” VES ser igual a 17\_837\_730 metros cúbicos.

Então, a EG passa a ter uma percentagem de ANF aproximadamente de 26% reduzindo as perdas de água num valor a rondar os 558 477 metros cúbicos de água.

### 5.5.3 Balanço Hídrico com a implementação de todas as medidas de redução

Na tabela 27 encontra-se o Balanço Hídrico com os efeitos das medidas de redução de perdas reais e perdas aparentes. Neste Balanço Hídrico é determinado o benefício da implementação em conjunto das medidas expostas nos pontos anteriores (5.5.1 e 5.5.2).

Tabela 26 - Balanço Hídrico com os efeitos das medidas de redução de perdas reais e perdas aparentes (*Águas e Parque Biológico de Gaia 2014*).

Volume entrado no sistema 17.837.730 (m3/ano)	Consumo Autorizado 15.211.601 85,3%	Consumo autorizado faturado 13.605.351 76,3%	Consumo faturado medido 8.010.682	Água Faturada 13.605.351 76,7%
			Consumo faturado não medido 5.594.669	
		Consumo autorizado, não Faturado 1.606.250 9,0%	Consumo não Faturado, medido	Água Não Faturada 4.149.616 23,3%
			Consumo não Faturado, não medido 1.606.250 9,0%	
	Perdas de Água 2.543.366 14,3%	Perdas Aparentes 385.001 2,2%	Consumo não autorizado 138.840 0,8%	
			Erros de Medição 246.161 1,4%	
		Perdas Reais 2.158.365 12,1%	Fugas nos Reservatórios/ Adutoras 176.266 0,99%	
			Fugas nas Redes + Fugas nas Ligações 1.783.773 10,0%	
			Roturas 214.053 1,2%	

É notório o resultado que a implementação das medidas têm nos valores de AF e de ANF. A ANF passa a ser 23%, devido a uma redução superior a 1 000 000 metros cúbicos de água não faturados. Em relação à AF, a sua percentagem (76,7%) deve-se não só ao facto da contribuição para o aumento da percentagem de Consumo Autorizado (Faturado) devido aos benefícios das medidas de redução de erros de medição, mas também devido à gestão de pressão na rede que possibilita um VES menor.

Assim, após o investimento por parte da EG na diminuição de perdas de água espera-se um benefício económico e ambiental que justificam esse mesmo investimento.



## 6 Conclusões e Recomendações

### 6.1 Conclusões

As perdas de água sejam elas reais ou aparentes apresentam um impacto brutal no desempenho económico-ambiental de uma EG. Assim, cabe à EG arranjar soluções para minimizar esse impacto e se possível atingir a melhor conjugação possível entre o custo das medidas de redução de perdas e o preço da água desperdiçada.

A EG devido à realização anual do Balanço Hídrico (método segundo a IWA) passa a deter o verdadeiro conhecimento sobre as perdas no seu SAA e só assim é que é possível um combate eficaz na redução destes desperdícios. Uma das medidas que está a ser implementada na redução de perdas, neste caso perdas aparentes, é a correção do meio de faturação da Empresa, ou seja, os contadores passam a ser mais precisos e consequentemente também a faturação da água por parte da EG. Este método é expectável que resulte num benefício (redução de ANF) bastante alto relativamente ao custo associado. É uma metodologia inovadora por parte da EG, isto é, em Portugal poucas ou nenhuma EG segue este conceito.

Relativamente ao sistema de Telegestão, este permite um controlo e conhecimento atual da rede, porém devido à sua instalação ser bastante recente e também devido ao facto de ainda não abranger por completo a rede de abastecimento, não foi estabelecida nenhuma relação de custo-benefício. Todavia, foi possível a observação dos benefícios da Telegestão sempre que um técnico usufruía deste, passando a saber instantaneamente o nível dos reservatórios, eventuais fugas na rede, entre outros... Esta monitorização constante permitia que um problema fosse solucionado rapidamente, pois uma equipa de Técnicos deslocava-se diretamente ao local devido ao conhecimento exato da localização.

Após a elaboração dos eventuais Balanços Hídricos que a EG poderá obter ao implementar as medidas abordadas ao longo da dissertação, prevê-se resultados económicos e ambientais deveras satisfatórios. Então, pode-se concluir que se trata de um projeto viável do ponto de vista económico, ambiental e social.

Graças ao trabalho prático desenvolvido durante o tempo de estágio, a EG e respetivos Engenheiros e Técnicos possibilitaram concluir que os Erros de medição é a componente do Balanço Hídrico que se apresenta como a parcela mais eficaz de se trabalhar para uma obtenção de resultados positivos e de resposta rápida relativamente à diminuição de ANF.

## 6.2 Recomendações

A Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia aposta nos benefícios que a tecnologia pode trazer à redução de perdas de água num SAA. Deste modo, é uma EG que aposta na constante atualização/modernização do seu sistema de distribuição de água.

Assim, tendo em conta o ponto de vista da Empresa deixo em seguida algumas recomendações para trabalhos futuros:

- Assim que toda a rede (todos os clientes) esteja provida do sistema de Telegestão, realizar uma avaliação do custo-benefício desta medida na redução de perdas de água.
- Assim que toda a rede fique dividida por ZMC's, avaliar o custo-benefício desta medida no controlo do consumo dos clientes, ou seja, avaliar o custo-benefício desta medida para erros de medição e para consumos fraudulentos.
- Assim que toda a rede fique dividida por ZMC's, avaliar o impacto que a variação de pressão em zonas equiparáveis tem em termos de consumo e faturação.

Há muito mais a fazer no Setor da Água para que se torne num setor eficiente. Como tal, a última recomendação que posso deixar para que posteriores estudos sejam elaborados e que há sempre algo a melhorar, passo a citar: “ O alcance do Homem excede a sua imaginação”.



## 7 Bibliografia

- AEP-Associação Empresarial de Portugal. (s.d.). Obtido em 8 de 10 de 2014, de <http://aguaglobal.aeportugal.pt/Documentos/Encerramento/Setor%20Portugu%C3%AAs%20da%20C3%81gua.pdf>
- Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (s.d.). *PLANO NACIONAL DA ÁGUA (PNA)*. Obtido em 13 de 10 de 2014, de Agência Portuguesa do Ambiente : <http://www.apambiente.pt/?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=833>
- ÁGUAS de PORTUGAL. (s.d.). *História*. Obtido em 14 de 10 de 2014, de Águas de Portugal: <http://www.adp.pt/content/index.php?action=detailfo&rec=1757&t=Historia>
- Altino Álvares, Dália Loureiro, Sérgio Coelho. (2007). Aplicação de Sistemas de Telemetria Domiciliária em Sistema de Distribuição de Água. *Modelação de Sistemas de Abastecimento de Água*. Barcelos.
- Comissão de acompanhamento (CdA) criada pelo despacho nº 9304/2013, de 02 de julho. (2014). *PENSAAR 2020, Volume 1, Fase 1: Situação de Referência*.
- Comissão do Ambiente, Ordenamento do Território e Poder Local. (2012). *Qualidade e sustentabilidade dos serviços de abastecimento de águas e saneamento*.
- Assunção Cristas (2012). *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água*. Ministra da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território.
- Emmott, S. (2013). *10 Billion*.
- Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. (2013). *Relatório Anual dos Serviços de Água e de Resíduos em Portugal (2012), Volume 1 - Caracterização geral do setor*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.
- Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. (2014). *Relatório Anual dos Serviços de Água e de Resíduos em Portugal (2014), Volume 4 - Controlo da qualidade da água para consumo humano*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.
- Gonçalves, R. (2013). *Evolução dos sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais*. Porto.
- Governo de Portugal e Agência Portuguesa do Ambiente. (2012). *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água*. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território.

- Grupo ÁGUAS de PORTUGAL- EPAL. (12 de 11 de 2014). *Telegestão*. Obtido de EPAL: <http://www.epal.pt/EPAL/menu/%C3%A1gua/sistema-de-abastecimento/telegest%C3%A3o>
- Hayden, T. (2008). O ESTADO DO PLANETA. *National Geographic*, 26-47.
- Helena Alegre, S. C. (2005). *Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição*.
- Helena Alegre, W. H. (2004). *Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água*.
- Janz, Contagem e Gestão de Flúidos, S.A. (s.d.). *F.A.Q.* Obtido em 20 de 12 de 2014, de [http://www.cgf.janz.pt/portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=29&Itemid=46#7](http://www.cgf.janz.pt/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=29&Itemid=46#7)
- Malcolm Farley, G. W. (2008). *The Manager's Non-Revenue Water Handbook*.
- Marmelo, J. (2004). *A água não cai do céu*. Porto: Águas do Douro e Paiva SA.
- Martins, M. (2007). *REGULAÇÃO ECONÓMICA NO SECTOR DAS ÁGUAS*. Coimbra.
- Matos, J. d. (2003). *Aspectos Históricos e Actuais da Evolução*. Lisboa.
- National Geographic. (s.d.). *Restoring Rivers*. Obtido em 7 de 10 de 2014, de National Geographic: <http://environment.nationalgeographic.com/environment/freshwater/rivers/>
- Pato, J. H. (2011). *História das políticas públicas de abastecimento e saneamento das águas de Portugal*. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR).
- Perta, Sociedade de Equipamentos de Construção Civil, Lda. (3 de 11 de 2014). *Primayer AQUA TECHNOLOGY SOLUTIONS*. Obtido de PERTA: <http://perta.pt/ambiente/equipamentos/primayer/>
- Poças Martins, J. (1998). *SERVIÇOS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE SANEAMENTO*.
- Poças Martins, J. (2012). *Seminário Gestão do Ciclo Urbano da Água: Que soluções para a sustentabilidade?* Viana do Castelo.